**Acerca de este libro**

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

**Normas de uso**

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

**Acerca de la Búsqueda de libros de Google**

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

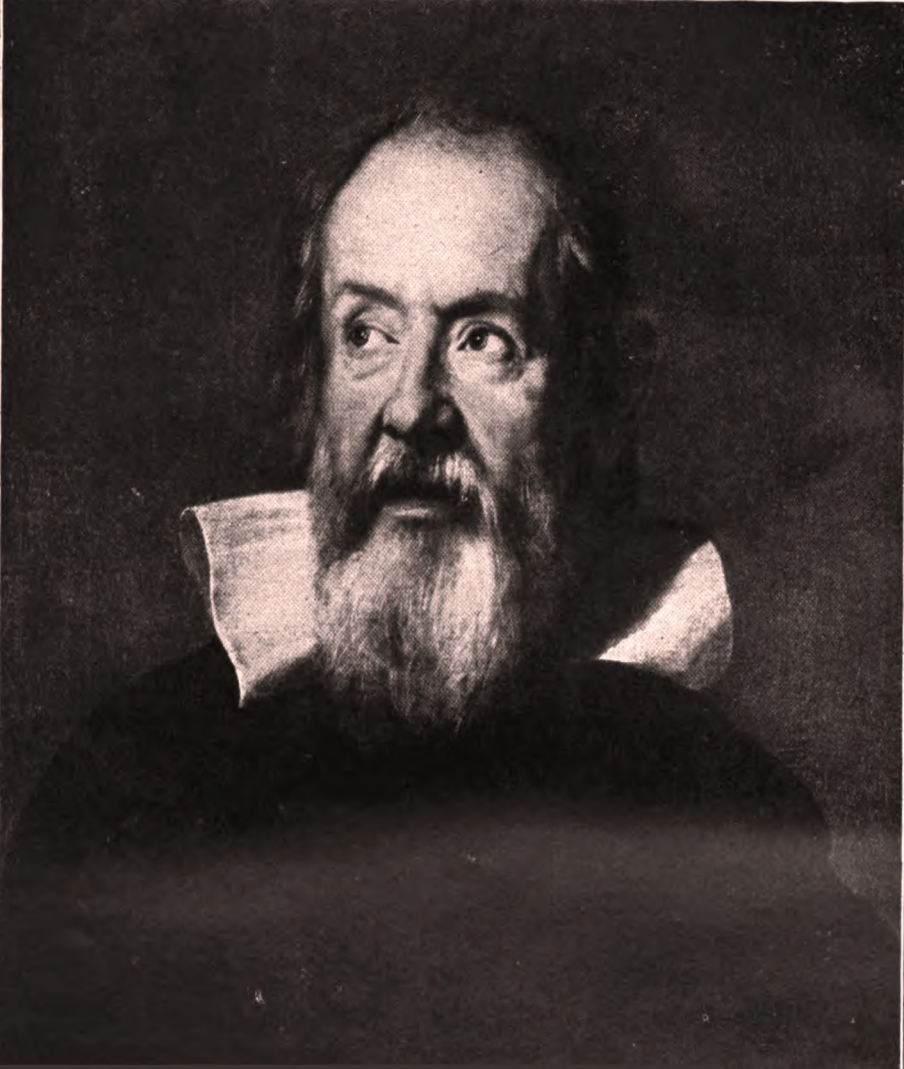
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

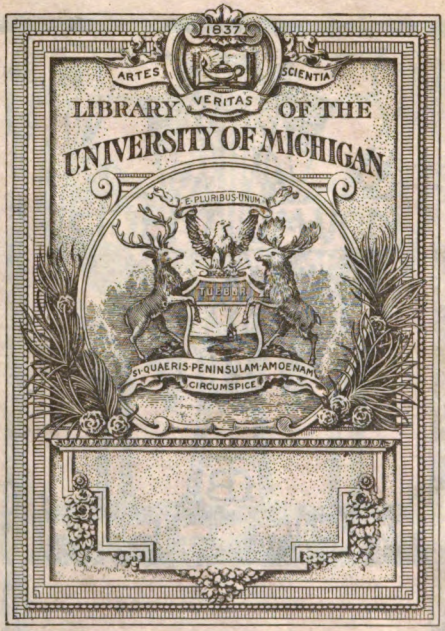
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



# *Die grossen physiker und ihre leistungen*

Arthur Schulze

Digitized by Google




Ein vollständig „Aus Natur
und Geisteswel eſes Bandes.

AllgG naturw. 400 : 1

Digitized by Google

PHYSICS LIB
QC
15
.S39


## Die Sammlung

# „Aus Natur und Geisteswelt"

verdankt ihr Entstehen dem Wunsche, an der Erfüllung einer bedeutsamen sozialen Aufgabe mitzuwirken. Sie soll an ihrem Teil der unserer Kultur aus der Scheidung in Kasten drohenden Gefahr begegnen helfen, soll dem Gelehrten es ermöglichen, sich an weitere Kreise zu wenden, und dem materiell arbeitenden Menschen Gelegenheit bieten, mit den geistigen Errungenschaften in Fühlung zu bleiben. Der Gefahr, der Halbbildung zu dienen, begegnet sie, indem sie nicht in der Vorführung einer Fülle von Lehrstoff und Lehrsätzen oder etwa gar unerwiesenen Hypothesen ihre Aufgabe sucht, sondern darin, dem Leser Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinstem Interesse Licht zu verbreiten, und ihn dadurch zu einem selbständigen Urteil über den Grad der Zuverlässigkeit jener Antworten zu befähigen.

Es ist gewiß durchaus unmöglich und unnötig, daß alle Welt sich mit geschichtlichen, naturwissenschaftlichen und philosophischen Studien befasse. Es kommt nur darauf an, daß jeder an einem Punkte die Freiheit und Selbständigkeit des geistigen Lebens gewinnt. In diesem Sinne bieten die einzelnen, in sich abgeschlossenen Schriften eine Einführung in die einzelnen Gebiete in voller Anschaulichkeit und lebendiger Frische.

In den Dienst dieser mit der Sammlung verfolgten Aufgaben haben sich denn auch in dankenswertester Weise von Anfang an die besten Namen gestellt. Andererseits hat dem der Erfolg entsprochen, so daß viele der Bändchen bereits in neuen Auflagen vorliegen. Damit sie stets auf die Höhe der Forschung gebracht werden können, sind die Bändchen nicht wie die anderer Sammlungen stereotypiert, sondern werden — was freilich die Aufwendungen sehr wesentlich erhöht — bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet und völlig neu gesetzt.

So sind denn die schmucken, gehaltvollen Bände durchaus geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine kleine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Die meist reich illustrierten Bändchen sind
in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

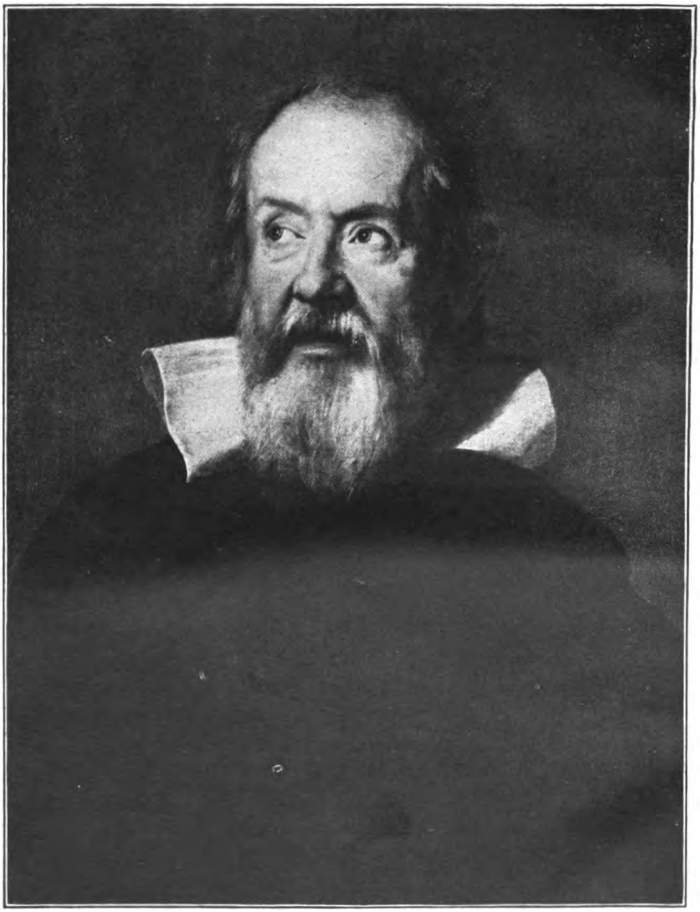
**Ausführlicher illustrierter Katalog unentgeltlich.**

Leipzig. **B. G. Teubner.**


Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



*Galileo Galilei*

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
324. Bändchen

# Die großen Physiker
## und ihre Leistungen

Von

Prof. Dr. F. A. Schulze
in Marburg a. L.

Mit 5 Bildnissen

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1910

Digitized by Google

Copyright 1910
by B. G. Teubner in Leipzig.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

Digitized by Google

# Vorwort.

Zur Abfassung der folgenden Lebensbilder einiger großer Physiker bin ich durch eine freundliche Anregung von Herrn Prof. F. Richarz veranlaßt worden, an den ursprünglich die Aufforderung herangetreten war, dieses Bändchen zu schreiben.

Am schwersten ist mir die richtige Auswahl geworden. Hervorragende Physiker hat es zu allen Zeiten gegeben. Aber welche sind die bedeutendsten? Hätte nicht Archimedes Aufnahme finden müssen? und Otto von Guericke, der Erfinder der Luftpumpe und der Elektrisiermaschine, Kirchhoff, dem wir die Entdeckung der Spektralanalyse verdanken, Maxwell, der Interpret Faradays, Heinrich Hertz, der Entdecker der elektromagnetischen Wellen? Der Rahmen dieser Sammlung gebot Beschränkung, und es schien mir richtiger, diese in der Zahl der Biographien zu suchen, als in der Ausdehnung der einzelnen Lebensbilder, um wenigstens die Bedeutung der wenigen ausgesuchten um so deutlicher machen zu können. Freuen wir uns, daß die Zahl bedeutender Männer so groß ist, daß die Auswahl schwer wird.

Bemerken möchte ich noch, daß ich in keiner Weise auf Originalstudien Anspruch mache. Die benutzte Literatur ist am Schluß angegeben. Den Herren Leo Koenigsberger, Bosscha, Guenther danke ich auch an dieser Stelle für die gütige Erlaubnis, aus ihren Lebensbildern von Helmholtz, Huygens, Galilei Zitate entnehmen zu dürfen.

Im Interesse der Allgemeinverständlichkeit ist von jeder Anwendung von Mathematik Abstand genommen.

Dem Verlag gebührt bester Dank für die Bereitwilligkeit, meinem Wunsche entsprechend, das Bändchen durch die Bilder der Physiker zu schmücken, denen die folgenden Zeilen gewidmet sind.

Marburg i. H., im April 1910.

Digitized by Google

# Inhaltsverzeichnis.


Seite

I. Galileo Galilei . . . . . 1

II. Isaac Newton . . . . . 21

III. Christian Huygens . . . . . 49

IV. Michael Faraday . . . . . 65

V. Hermann von Helmholtz . . . . . 82

Literatur . . . . . 108

Digitized by Google

# I. Galileo Galilei.

„Über einen sehr alten Gegenstand
bringen wir eine ganz neue Wissenschaft."

Mit diesen stolzen selbstbewußten Worten beginnt Galilei einen Abschnitt seines Hauptwerkes: „Untersuchungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend."

Es ist keine Überhebung, die sich in diesen Worten ausspricht. In der Tat ist dieses Werk Galileis die Grundlage der modernen Mechanik geworden. Die Gesetze des freien Falles und des Wurfes werden noch heute mit geringen Änderungen in den modernen Lehrbüchern der Physik und im Unterricht meist in der von Galilei angegebenen Form behandelt. Galilei ist der Vater der modernen Mechanik. Und doch — so groß die Verdienste Galileis um die Aufstellung der Bewegungsgesetze sind, seine Bedeutung reicht viel weiter. Nicht nur eine „neue Wissenschaft" hat er gelehrt, wir müssen in ihm den Begründer der modernen Naturwissenschaften verehren. Er hat der Naturforschung die Wege gezeigt und geöffnet, auf denen sie wandeln muß, wenn sie mit Erfolg vorwärtsschreiten will.

Die Naturforschung vor Galilei war in einen kläglichen Tiefstand geraten, ja fast in eine vollkommene Stagnation; sie war erstickt von dem im ganzen Mittelalter herrschenden Autoritätsglauben, der jeden Fortschritt unmöglich machte. Als Naturwissenschaft wurde im wesentlichen das Studium und die Auslegung der von naturwissenschaftlichen Dingen handelnden Schriften der Alten bezeichnet, namentlich der zusammenfassenden Werke des Aristoteles. Das dort Niedergelegte zu kommentieren, zu lehren, möglichst vollständig im Unterricht an die nachfolgenden Generationen weiterzugeben, darin erblickte man die Aufgaben der Naturforscher. Was Aristoteles lehrte, wurde als feststehende Wahrheit hingenommen, an der zu zweifeln niemand dachte. Man trieb, um es etwas kraß auszudrücken, Aristotelesforschung, nicht Naturforschung. Wollte man sich über die Gesetze des freien Falles orientieren, so dachte



Digitized by Google

man nicht daran, die Natur selbst zu befragen, ein Fallexperiment zu machen, sondern man sah nach, was Aristoteles darüber lehrte und gab sich damit zufrieden. Daß auf diese Weise kein Fortschritt möglich war, ist uns heutzutage selbstverständlich.

Das Verfahren des Mittelalters war ganz gewiß nicht im Sinne von Aristoteles. Die Griechen haben in ihrer Forschungsweise der modernen Naturwissenschaft viel näher gestanden als dem Mittelalter. Eine derartige Fessel, wie sie sich die Scholastik selbst auferlegte, indem sie die Autorität eines einzigen über alles stellte, hätten sie als unerträglich nach kurzer Zeit gesprengt und sich freie Bahn zur Weiterforschung geschaffen. Die Leistungen der Griechen gerade auf dem Gebiete der Physik, man denke nur an den Meister Archimedes, sprechen eine beredte Sprache.

Ja, im Mittelalter ging man so weit, daß man selbst offenkundige Irrtümer in den Schriften des Aristoteles nur widerstrebend und ungern anerkannte oder gar noch mit allen möglichen Spitzfindigkeiten und dialektischen Kunststücken zu verteidigen suchte.

Das Verdienst Galileis liegt darin, daß er mit kühnem Mut und Selbstvertrauen diesen jeder freien Regung hinderlichen starren Autoritätsglauben, in dessen Bann die Naturwissenschaft erstarrt war, über den Haufen warf, das Experiment und die eigene Urteilskraft wieder in ihre Rechte einsetzte und so die Bahn für gedeihliche Weiterforschung wieder frei machte.

Am 18. Februar 1564, dem Todestag Michel Angelos, wurde Galileo Galilei in Pisa als ältestes Kind des florentinischen Adligen Vincenzo Galilei geboren, der sich durch ein Werk über Musikgeschichte verdienstlich gemacht hat. Leider fehlten dem Vater die Mittel, seinem Sohn, dessen Begabung bald erkannt wurde, ein freies Studium zu ermöglichen. Auf Anordnung des Vaters bezog der junge Galileo, der sich gegen das ihm zunächst zugedachte Geschick, Tuchhändler zu werden, energisch sträubte, 1581 die Universität Pisa, um Medizin zu studieren. Er wandte jedoch bald dieser Wissenschaft, die der Vater als Brotstudium für ihn erwählt hatte, den Rücken, um sich ganz der Mathematik zu widmen, die ihn leidenschaftlich begeisterte.

Es gelang schließlich, wenn auch erst nach einigen Kämpfen, von dem Vater die Zustimmung dazu zu erlangen, daß sein Sohn sich definitiv dem Studium der Mathematik zuwendete.

In jene Pisaner Studienzeit, in das Jahr 1583, wird die bekannte Erzählung versetzt, daß der junge Galileo während des Gottes-

Digitized by Google

dienstes an einer im Dom zu Pisa aufgehängten Ampel durch Vergleichung mit der Anzahl seiner Pulsschläge den Isochronismus der Pendelschwingungen gefunden haben soll, d. h. die Tatsache, daß die Schwingungsdauer eines Pendels nahezu unabhängig von der Schwingungsweite ist. Die ganze Erzählung ist wahrscheinlich frei erfunden; Galilei erwähnt selber nirgends etwas davon. Der Kuriosität wegen sei übrigens noch mitgeteilt, daß die Ampel, die noch heute als jenes bedeutungsvolle Instrument im Dom zu Pisa gezeigt wird, nach den Domrechnungen erst 4 Jahre später angefertigt ist.

Der junge Galilei muß überall einen großen Eindruck hervorgerufen haben. Im Jahre 1589 erhielt er, 25jährig, die mathematische Professur in Pisa. Das Gehalt war allerdings äußerst gering — es betrug etwa ½ Mark pro Tag — aber es war doch eine Stelle nach seinem Wunsche. Er konnte sich nun ganz seiner geliebten Wissenschaft widmen. Auch versöhnte die Erreichung dieses Zieles seinen Vater mit dem Studienwechsel des Sohnes.

In Pisa herrschte damals vollständig die aristotelische Schule. Es konnte nicht ausbleiben, daß der junge feurige Gelehrte, der seinem Denken keine Schranken setzen wollte und konnte, bald in allerlei Konflikte geriet. Besonderen Anstoß erregte er bei den Vertretern der alten Schule dadurch, daß er öffentlich durch Fallversuche von dem schiefen Turm zu Pisa zeigte, daß im Gegensatz zu der Behauptung des Aristoteles, leichte Körper fielen langsamer als schwere, alle Körper, schwere wie leichte, die gleiche Fallgeschwindigkeit besitzen.

Erregte er schon hierdurch bei seinen Kollegen großes Ärgernis, so machte er seine Stellung in Pisa ganz unmöglich dadurch, daß er als Sachverständiger über eine Baggermaschine, die ein Mitglied der großherzoglichen Familie für den Hafen von Livorno erfunden hatte, der leicht versandete, freimütig sein Urteil dahin abgab, daß die Maschine gänzlich unbrauchbar sei. Unterdes starb, um das Unglück voll zu machen, sein Vater, so daß Galilei nun auch noch die Pflicht zu erfüllen hatte, für seine Angehörigen zu sorgen. In dieser Not trat ein alter Freund der Familie, Marchese del Monte, für Galilei ein, und bewirkte, daß ihm die Republik Venedig die Professur der Mathematik in Padua übertrug. 18 Jahre hatte Galilei diese Stellung inne. Es sind nach seiner eigenen Aussage die glücklichsten Jahre seines Lebens gewesen. Sie sind auch wissenschaftlich die ergiebigsten; es waren ja die Jahre der Vollkraft seines Lebens.



Digitized by Google

Seine Lehrtätigkeit fand ungeheuren Anklang. Von allen Gegenden strömte ihm die wißbegierige Jugend zu. Schon seine Antrittsvorlesung soll einen großen Eindruck gemacht haben. Wenn wir richtig unterrichtet sind, mußte er seine Vorlesungen in einem etwa 1000 Personen fassenden Saal halten. Stand doch dem jungen Gelehrten, wie wir aus allen seinen Schriften ersehen, neben den umfassenden wissenschaftlichen Kenntnissen eine feine anmutige Dialektik zu Gebote. Ein besonderer Anziehungspunkt war der Freimut, mit dem Galilei die neuen zum großen Teile ja von ihm selbst gemachten Entdeckungen vortrug, die teils gegen die Lehre des Aristoteles, teils gegen die von der Kirche als unantastbar aufgestellten Sätze sprachen, namentlich das kopernikanisch-heliozentrische Weltsystem, zu dem sich Galilei immer eifriger bekannte.

Hierzu kam noch der stets wachsende Ruhm, der Galilei durch seine astronomischen Entdeckungen zuteil wurde. Im Jahre 1604 hatte der Middelburger Optiker Johann Lippershey das holländische Fernrohr erfunden. Auf die Kunde hiervon gelang es Galilei nach einigem Probieren, ein solches zusammenzustellen, und er benutzte es sofort zur Untersuchung der Gestirne, wobei er in kurzer Zeit die bedeutsamsten Entdeckungen machte, deren fast jede gegen die aristotelische und die kirchliche Lehre von der Unbeweglichkeit und Zentralstellung der Erde, dagegen durchaus für die von Galilei schon längere Zeit auch öffentlich in Vorträgen vertretene kopernikanischen Weltanschauung sprach, wonach die Sonne als Zentrum der Welt anzusehen sei, während sich die Erde in doppelter Bewegung befinde, in Rotation um ihre eigene Achse und einer Jahresbewegung um die Sonne. Die ptolemäische Anschauung, nach welcher die Erde unbeweglich im Mittelpunkt des Weltalls steht, kommt ja allerdings dem gemeinen alltäglichen Eindruck durchaus entgegen; und es ist nicht zu verwundern, daß diese Ansicht nur sehr langsam unter ständigen Zweifeln, ja unter erbitterten Kämpfen der kopernikanischen Lehre von der Bewegung der Erde um die Sonne wich. Was scheint dem gemeinen Menschenverstand natürlicher, als die Annahme absoluten Stillstandes der Erde! Man sieht ja, daß Sonne und Sterne sich um die Erde bewegen. Der Rechnung nach müßte die Geschwindigkeit der Erdbewegung eine ganz ungeheure sein. Trotzdem ist von einer solchen Bewegung nicht das geringste zu spüren.

Außerdem stand diese Ansicht im direkten Gegensatz zu der Lehre des Aristoteles, an der nicht gerüttelt werden durfte. Schließlich,

Digitized by Google

und das war der schwerwiegendste Punkt, die kopernikanische Ansicht widersprach den Lehren der Kirche. Damit war überhaupt jede Erörterung abgeschnitten. Wer anders lehrte, machte sich der Ketzerei gegen göttliche Offenbarung schuldig.

Es war auch nicht zu leugnen, daß alle Bewegungserscheinungen der Gestirne nach der ptolemäischen Anschauung erklärbar waren. Aber wie kompliziert waren die Hilfsmittel, mit denen dies gelang!

Die Erklärung der einfachen Bewegung der Fixsterne machte allerdings keine Schwierigkeit. Aber schon, um die Bewegung der Sonne verständlich zu machen, mußte man nach Hipparch eine besondere Annahme machen, daß nämlich die Erde nicht im Mittelpunkt der Sonnenkreisbahn, sondern exzentrisch steht. Nur so war die scheinbar ungleiche Geschwindigkeit der Sonne zu verschiedenen Jahreszeiten erklärlich. Noch größere Schwierigkeiten bot jedoch die Erklärung der Bewegung des Mondes und besonders diejenige der Planeten. Neben der Erscheinung der unregelmäßigen Geschwindigkeit, die wieder durch Annahme einer exzentrischen Kreisbahn gelöst wurde, war hier noch die merkwürdige Tatsache zu erklären, daß der Mond auf kurzen Strecken seiner Bahn bald langsamer, bald schneller wanderte, die Planeten sogar ihre von Ost nach West gerichtete Bahngeschwindigkeit allmählich verringern, schließlich stillstehn und dann mit wachsender Geschwindigkeit eine rückläufige von West nach Ost gerichtete Bahn einschlagen, was sich dann periodisch wiederholt. Die Vereinbarung dieser komplizierten Bewegung mit der Lehre, daß die Erde stillsteht und die Gestirne nur Kreisbahnen von konstanter Geschwindigkeit beschreiben, gelang Ptolemäus durch Einführung der Epizykellehre. Danach sollte der Mond und die Planeten nicht auf einer einfachen Kreisbahn um die Erde sich bewegen, sondern sie bewegen sich ursprünglich auf einem anderen kleinen Kreise, dem Epizykel, dessen Mittelpunkt nun erst den großen exzentrischen Kreis um die feststehende Erde beschreibt.

Mit Hilfe dieser Epizykeltheorie gelang es schließlich, alle Bewegungserscheinungen der Gestirne vollständig zu erklären und mit der Annahme in Einklang zu bringen, daß die Erde eine im Weltraum absolut feststehende Kugel sei, um die herum die Gestirne ihre Kreis- bez. ihre Epizykelbewegungen mit jeweils konstanter Geschwindigkeit ausführten. Dies war die ptolemäische bis auf Kopernikus im ganzen Mittelalter herrschende, durch Aristoteles bekräftigte, von der Kirche geheiligte Lehre des ptolemäischen Weltsystems.

Digitized by Google

Man muß durchaus zugeben, daß eine gewaltige Kraft des Geistes dazu gehört, sich von dieser allgemeinen Lehre frei zu machen, die Erde entgegen der direkten Anschauung in Bewegung um die Sonne anzunehmen und sie somit in eine Reihe mit den übrigen Planeten zu stellen. Um so mehr muß man die Kühnheit derjenigen griechischen Denker wie Philolaos und Aristarch von Samos bewundern, die es wagten und für diskutabel erklärten, die heliozentrische Hypothese aufzustellen.

Das ganze Mittelalter hindurch herrschte die ptolemäische Lehre, bis schließlich Nikolaus Kopernikus (1473—1543) den großen Schritt tat, mit ihr zu brechen und das heliozentrische Weltsystem aufzustellen. Wir wissen, daß Galilei schon in jungen Jahren durchaus der kopernikanischen Lehre zuneigte.

Im Jahre 1597 schreibt Galilei an Kepler: „Ich werde Ihr Werk mit um so größerem Interesse lesen, als ich seit einer Reihe von Jahren die kopernikanische Lehre angenommen, und ich habe aus ihr die Ursachen einer ganzen Reihe von natürlichen Wirkungen gezogen, die nach der gewöhnlichen Hypothese ganz unerklärlich waren. Ich habe eine große Anzahl von Beweisen und Beweisführungen aufgestellt, die ich noch nicht zu veröffentlichen wage. Ich fürchte das Schicksal des Kopernikus. Wenn er bei einigen wenigen sich unsterblichen Ruhm erworben, so ist er doch für eine Anzahl von Leuten, so groß ist die Menge der Dummköpfe, doch nur ein Gegenstand der Verachtung und des Spottes."

Es gelang Kepler leider nicht, Galilei zur Veröffentlichung seiner Beweise zu bewegen.

Die Entdeckungen, die Galilei nach Erfindung des Fernrohres Schlag auf Schlag am Sternhimmel machte, waren nun aber für ihn und jeden Einsichtigen ebensoviele neue schlagende Beweise für die kopernikanische Lehre. In betreff der Einzelheiten sei auf die Zusammenstellung der wissenschaftlichen Verdienste im folgenden Abschnitt verwiesen. Hervorgehoben sei nur als ganz besonders von Galilei für die neue Lehre benutztes Beweismittel die Entdeckung der 4 Jupitermonde. Konnte doch das Jupitersystem als kleines Sonnensystem angesehen werden.

Die Fülle der Entdeckungen am Himmel mehrte unaufhörlich Galileis Ruhm. Es fand sich schließlich kein Hörsaal in Padua, der die Fülle der Lernbegierigen fassen konnte. Trotzdem sehnte sich Galilei nach einer anderen Stellung, die mit weniger Lehrtätigkeit verknüpft war und ihm eine noch freiere Ausnützung seiner

Digitized by Google

Zeit zu wissenschaftlicher Arbeit bot. Eine solche Stelle wurde ihm in ehrenvollster Weise von seinem engeren Vaterlande angeboten. Man trug ihm die Stelle als erster Mathematiker der Universität Pisa an, mit einer Bezahlung von 1000 Scudi und dem Titel „Erster Philosoph des Großherzogs". Galilei trat diese Stelle am 12. Juli 1610 an; 18 Jahre hatte er seine Dienste der Universität Padua gewidmet, die wohl wußte, was sie an ihm verlor, und den Verlust des großen Gelehrten schwer empfand.

Die neue Stellung Galileis war in jeder Beziehung eine Ehrenstellung. Er brauchte nicht einmal seinen Wohnsitz in Pisa zu nehmen. Vorlesungen zu halten war er „berechtigt", nicht „verpflichtet". Und doch waren seine Freunde besorgt um sein weiteres Schicksal. Schon lange hatte die Inquisition mit wachsender Sorge und mit Unbehagen die Entdeckungen Galileis verfolgt, die mit den Lehren der Kirche absolut unvereinbar waren. Sie erblickte in ihm einen gefährlichen Gegner. Solange er sich jedoch in Padua auf dem Boden der freien Republik Venedig befand, die die Jesuiten vertrieben hatte und die freie Forschung tatkräftig schützen konnte, brauchte er die Kirche nicht zu fürchten. Diese Freiheit konnte ihm der Florentiner Hof nicht gewährleisten, der selbst in hohem Grade von der Kirche abhängig war. Trotzdem trat Galilei guten Mutes die neue ehrenvolle Stellung in Pisa an. Alles schien sich aufs beste anzulassen. Der Großherzog Cosimo II. war selbst aufs eifrigste für ihn besorgt; er gestattete ihm, den Herbst und Winter auf einem seiner Schlösser zuzubringen. Das Teleskop führte ihn in dieser Zeit zu zwei neuen überaus wichtigen Entdeckungen, der Sichelgestalt der Venus und den Sonnenflecken, deren weitere Betrachtung ihn zur Auffindung der Rotation der Sonne um ihre Achse leitete. Nach der Sitte seiner Zeit veröffentlichte er diese Funde in Form von Anagrammen, um sich die Priorität zu sichern und doch zunächst die Entdeckungen in Ruhe für sich weiter verfolgen zu können.

So stand Galilei auf der Höhe seines Ruhmes. Großes hatte er erreicht. Überall wurde er verehrt und bewundert. Mächtig hatten seine Entdeckungen eingegriffen in die Vorstellungen vom Universum. Aber schon regten sich die Feinde, die er eben hierdurch sich im stillen geschaffen hatte. Das Inquisitionstribunal, jene Vereinigung, deren Ziel es war, jede Abweichung von den Lehren der Kirche aufzuspüren, zu verfolgen und zu unterdrücken, hatte schon geraume Zeit ihr Augenmerk auf Galilei gerichtet, wenn

Digitized by Google

dieser sich auch noch nirgends direkt gegen die ptolemäische Lehre ausgesprochen hatte, sondern seine Entdeckungen für sich selber reden ließ.

Trotzdem mußte es Galilei als unerträglichen Zwang empfinden, seine Ansicht nicht ganz ungehindert aussprechen zu dürfen. So wagte er denn jetzt, im Vertrauen auf seine geachtete Stellung und auf die mächtige Unterstützung durch seinen fürstlichen Gönner einen großen Schritt, indem er selbst nach Rom ging, in der Zuversicht, daß es ihm gelingen würde, die kirchliche Oberbehörde seinen Entdeckungen und seinen wissenschaftlichen Bestrebungen günstig zu stimmen. Er hegte wohl auch die stolze Hoffnung, dadurch nicht nur für sich, sondern für die ganze astronomische Wissenschaft, ja für die ganze Kultur freie Bahn zu ungehinderter, durch keine Autorität gehemmter Forschung zu schaffen. Ein glänzender Empfang wurde ihm in Rom zuteil. Eine Sanktion der kopernikanischen Lehre seitens der obersten Kirchenbehörde, die ihm wohl vorgeschwebt hatte, erlangte er aber nicht. Nach seiner Rückkehr fragte er direkt bei dem Kardinal Conti an, welches denn nun das bestimmte Urteil der Kirche über die ptolemäische und die kopernikanische Lehre sei. Die Antwort fiel derart gewunden und unbestimmt aus, daß aus ihr alles herausgelesen werden konnte, ließ aber doch durchblicken, daß für die Kirche die wörtliche Auslegung der Schrift maßgebend sein müsse. Galilei hatte also durch seinen Besuch in Rom nichts gewonnen. Durch eigene Unvorsichtigkeit und Hitzigkeit zog er sich vielmehr die heftige Gegnerschaft der Jesuiten zu, indem er mit dem Jesuitenpater Scheiner in betreff der Entdeckung der Sonnenflecken sich in einen, wie es scheint, von seiner Seite nicht immer ganz einwandfrei geführten Streit einließ, was ihm natürlich die überaus gefährliche Feindschaft des ganzen Jesuitenkollegiums eintrug.

Immer zahlreicher wurden nun die teils lauten, teils geheimen Angriffe gegen Galilei wegen Verletzung der Heiligen Schrift. Als er erfuhr, daß selbst am toskanischen Hof die Intrigen gegen ihn anfingen, präzisierte er in einem an einen Freund gerichteten, in Wahrheit für die Öffentlichkeit bestimmten, sehr vorsichtig abgefaßten Brief seine Ansicht. Der wichtigste Satz dieses Briefes lautet: „Da die Bibel, wiewohl vom Heiligen Geiste eingegeben, aus den angeführten Gründen an vielen Stellen Auslegungen, die sich vom Wortlaut entfernen, zuläßt, und da wir nicht mit Sicherheit behaupten können, daß alle Ausleger von Gott inspiriert seien,

Digitized by Google

so glaube ich, man würde klug handeln, wenn man niemand gestattete, Bibelstellen dazu zu verwenden und gewissermaßen zu nötigen, die Wahrheit irgendwelcher naturwissenschaftlichen Konklusionen zu stützen, von denen später die Beobachtung und zwingende Gründe uns das Gegenteil lehren könnten. Und wer wird dem menschlichen Geiste Schranken ziehen wollen?" Dieser Brief hatte jedoch keineswegs die gewünschte Wirkung. Im Gefühl der Überlegenheit reizte Galilei seine Gegner durch spöttische Nichtachtung, was ihm schwer schaden sollte. Einer derselben, Nicolo Lorieri, reichte 1614 beim Inquisitionsgerichtshof eine förmliche Denunziation gegen ihn ein, die allerdings ergebnislos verlief. Die Inquisition war nun aber unermüdlich geschäftig und ging energisch gegen die kopernikanische Lehre vor. Im Jahre 1616 legte sie den Sachverständigen folgende zwei Thesen zur Begutachtung vor:

1. Die Sonne ist der Mittelpunkt der Welt und darum unbeweglich; 2. die Erde ist nicht der Mittelpunkt der Welt und nicht unbeweglich, sondern sie bewegt sich täglich um sich selbst.

Der Entscheid der Kommission war:

„Behaupten, die Sonne stehe unbeweglich im Zentrum der Welt, ist absurd, philosophisch falsch und förmlich ketzerisch, weil ausdrücklich der Heiligen Schrift zuwider; behaupten, die Erde stehe nicht im Zentrum der Welt, sei nicht unbeweglich, sondern habe sogar eine tägliche Rotationsbewegung, ist absurd, philosophisch falsch und zum mindesten ein irriger Glaube."

Daraufhin erging ein Dekret des Indexausschusses, wonach die Schriften des Kopernikus zu suspendieren seien, bis sie verbessert wären . . . und ferner alle Bücher, die dieselbe Lehre vortrügen, zu verbieten seien.

Galileis Schriften waren zwar nicht ausdrücklich genannt; man begnügte sich damit, ihm die zulässigen Grenzen deutlich gezeigt zu haben. Man wählte dazu die Form, daß der Kardinal Bellarmin ihm, nachdem er sich auf Befehl des Großherzogs wieder nach Florenz zurückbegeben hatte, darüber ein Schriftstück zusandte, in welchem er bestätigte, daß Galilei von der Erklärung der Kongregation des Index Kenntnis genommen habe.

Danach wäre also eine offizielle Verwarnung überhaupt unterblieben. Damit ist nicht im Einklang, daß in dem verhängnisvollen später im Jahre 1632 gegen Galilei angestrengten Inquisitionsprozeß ein Dokument aus dem Jahre 1616 folgenden Inhaltes eine ganz wesentliche Rolle spielt:

Digitized by Google

„In der gewöhnlichen Residenz des Herrn Kardinals Bellarmin hat der Kardinal, nachdem genannter Galilei vorgeladen und vor Se. Eminenz erschienen war, vorgenannten Galilei ermahnt wegen Irrtums obengenannter Meinung, und daß er sie aufgeben möge."

Über die Echtheit des Dokuments, das 1632 so wichtig geworden ist, hat sich ein langer Streit entsponnen. Eine sichere Entscheidung ist nicht möglich gewesen.

Zunächst kam nun für Galilei eine Zeit verhältnismäßiger Ruhe; er setzte seine Studien und Forschungen ziemlich in der bisherigen Weise fort und baute die kopernikanische Lehre unangefochten aus; ja, das Geschick schien ihm sogar besonders günstig gesinnt zu sein. Im Jahre 1623 wurde der ihm von früher her sehr gewogene Kardinal Maffeo Barberini, der ihn sogar in einem Gedicht besungen hatte, zum Papste erwählt. Bei einer kurz darauf in Rom stattfindenden Begegnung der beiden Männer in Rom versicherte ihn der Träger der Tiara, Urban VII., ausdrücklich seines Wohlwollens.

Galilei schlug nun auch daraufhin, man muß wohl sagen, zum mindesten unvorsichtigerweise, die Verwarnung von 1616 völlig in den Wind, trotzdem er diese damals ohne Widerspruch hingenommen und sich damit stillschweigend zur Beachtung der Beschlüsse der Indexkongregation unterworfen hatte. Handelte er schon damit, daß er fortfuhr, die kopernikanische Weltanschauung weiter zu lehren, gegen sein gegebenes Versprechen, so verleitete ihn teils sein Gefühl der Sicherheit, teils wohl seine Kampfnatur, zu einem sehr gefährlichen Schritt, der denn auch sein Unglück besiegelte. Er führte nämlich seinen schon lange gehegten Plan aus, ein seine gesamten kosmischen Studien zusammenfassendes Werk zu schreiben, in dem vornehmlich auch seine Ansichten über die beiden Weltsysteme auseinandergesetzt werden sollten. Natürlich mußte er dabei in erster Linie darauf bedacht sein, der Schrift eine Form zu geben, die für seine Gegner keinen Angriffspunkt und keine Handhabe zu einem Einschreiten der Kirche gegen ihn bieten konnte. Als solche wählte er die Dialogform. Der Titel der Schrift, die ungeheures Aufsehen machte, war: „Dialog über die beiden hervorragenden Weltsysteme." Er läßt darin zwei Vertreter der kopernikanischen Lehre, Salviati und Sagredo, die Namen zweier seiner Freunde und einen Vertreter des ptolemäischen Weltsystems, Simplicio, über die beiden Systeme disputieren. Es versteht sich, daß Simplicio stets von den beiden andern in die Enge getrieben und mit seiner

Digitized by Google

Ansicht **ad absurdum** geführt wird. Das ganze Werk ist mit der feinsten Ironie geschrieben und eine scharfe Satire gegen die Aristoteliker. Galilei war sich der Gefährlichkeit seiner Schrift wohl bewußt und wandte alle Vorsichtsmaßregeln an, um sich zuerst die Druckerlaubnis sowohl von der kirchlichen wie den weltlichen Behörden zu verschaffen, was ihm auch gelang. Dennoch hätte er sich sagen müssen, daß er mit Veröffentlichung dieser Schrift alle Brücken hinter sich verbrannt hatte. Die schrecklichen Folgen blieben denn auch nicht aus. Der Papst, der sich in der Person des Simplicio verhöhnt glaubte, ordnete sofort eine Untersuchung der Schrift an. Allerdings ist es nicht wahrscheinlich, daß Galilei wirklich mit Simplicio einen einfältigen Menschen bezeichnen wollte. Naheliegender ist es wohl, anzunehmen, daß er dabei an den Aristoteleskommentator Simplicio gedacht hat. Auch kann man nicht sagen, daß sich jener Simplicio in der Schrift wirklich einfältig benimmt; er vertritt eben die Lehren der Aristoteliker. Wie dem auch sei, der Papst fühlte sich entweder selbst beleidigt, oder er folgte den Eingebungen der auf Galilei ja seit jener Affäre mit Scheiner erzürnten Jesuiten. Genug, die von Urban eingesetzte Kommission verbot die Schrift, und Galilei wurde durch den Inquisitor von Florenz nach Rom vorgeladen, trotz lebhaften Protestes seitens des Großherzogs von Toskana. Der 69jährige Greis mußte mitten im Winter die beschwerliche Reise nach Rom antreten. Nach mehrmaligen Verhören wurde ihm am 22. Juni 1633 im Hauptsaal des Predigerklosters **Santa Maria sopra Minerva** in der Plenarsitzung des Heiligen Offiziums das Urteil verlesen, das er stehend anhören mußte. Seine Schrift wurde verboten, er selbst verurteilt zu „förmlichem Kerker bei diesem heiligen Offizium für eine nach unserem Ermessen zu bestimmende Zeitdauer ... uns vorbehaltend, die genannten Strafen und Bußen zu ermäßigen, umzuändern, ganz oder teilweise aufzuheben."

Knieend mußte dann Galilei die Abschwörungsformel verlesen.

Die Legende legt ihm hiernach noch die stolzen Worte in den Mund: „**Eppur si muove**" („Und sie bewegt sich doch"). Galilei hat sie nachweislich nicht gesprochen. Überhaupt zeigte er sich im Verlauf des ganzen Prozesses als kampfesmüde, nach Ruhe und Frieden sich sehnend, und in tiefer Demut bereit, alles zu tun, was man von ihm forderte. Er bekenne sich keineswegs zu dem kopernikanischen Weltsystem; ja er erbot sich sogar, seiner Schrift noch zwei Dialoge beizufügen, in dem er alle für dieses sprechenden

Digitized by Google

Gründe eingehend zu widerlegen versprach. Wer möchte dem gebrechlichen Greis dieses Verhalten verdenken! Das Schicksal Giordano Brunos stand ihm als furchtbare Mahnung vor Augen!

Ob Galilei im Verlauf des Prozesses die Folter hat erdulden müssen, ist bisher unentschieden. Wahrscheinlich ist sie ihm nur angedroht worden. Der Kerker ist ihm allerdings erspart worden. Nach Beendigung des Prozesses wurde ihm erlaubt, seinen Aufenthalt in seiner Villa in Arcetri bei Florenz zu nehmen, wo er in gelassener Ruhe seine letzten Lebensjahre zubrachte.

Aber noch war das Maß seiner Leiden nicht voll. Seine Tochter Virginia, die zärtlich an ihm hing und ihn in den schweren Monaten seines Prozesses liebevoll mit Trost und heiterem Zuspruch gestützt hatte, starb kurze Zeit nach dem Wiedersehen. Damit war seine Lebensfreude dahin. Er klammerte sich nun an seine geliebte Wissenschaft. In diesen letzten Jahren seines Lebens beschenkte er die Welt mit seinem schönsten reifsten und bedeutungsvollsten Werk, den eingangs genannten „Untersuchungen . . ."

Das grausame Schicksal wollte nicht, daß er dieses Werk noch mit eigenen Augen sehen sollte. Als die ersten Druckbogen kamen, war er an beiden Augen erblindet. Nicht ohne tiefe Erschütterung kann man den Brief (vom 2. Februar 1638) lesen, in dem er dieses Unglück seinem Freunde Diodati mitteilt: „In Beantwortung Eures mir sehr angenehmen Schreibens vom 20. November teile ich Euch bezüglich Eurer Nachfrage um meine Gesundheit mit, daß zwar mein Körper einen etwas besseren Kräftezustand, als in der letzten Zeit wiedererlangt hat, aber ach! verehrter Herr, Galilei, Euer ergebener Freund und Diener, ist seit einem Monate völlig und unheilbar blind; so zwar, daß dieser Himmel, diese Erde, dieses Weltall, welche ich mit meinen merkwürdigen Beobachtungen und klaren Darlegungen hundert- ja tausendfach über die von den Gelehrten aller früheren Jahrhunderte allgemein angenommenen Grenzen erweitert habe, nun für mich auf einen so engen Raum zusammengeschrumpft sind, daß derselbe nicht über jenen hinausreicht, den mein Körper einnimmt."

Sein Geist blieb bis an das Ende klar und regsam, so jammervoll der Leib verfiel. Seine treuen Schüler Viviani und Torricelli umgaben ihn in den letzten Monaten beständig. In ihrem Beisein verschied der große Mann, dessen Geist die ganze Welt umspannte, am 8. Januar 1642 im 78. Jahre seines Lebens.

Digitized by Google

Noch dem Toten zeigte die Kirche ihren Haß. Sie verbot, ihm ein Grabmal zu setzen sowie ihm eine Leichenrede zu halten.

Später hat der florentinische Staat in würdevoller Weise das Gedächtnis seines großen Sohnes geehrt. Die sterblichen Überreste Galileis wurden in dem prächtigen Mausoleum der Kirche „Zum heiligen Kreuz" feierlich bestattet. Im Museum der Physik und Naturgeschichte, welches seine Originalinstrumente unter Glas enthält, wurde sein Standbild aufgestellt.

Es ist eine Ironie des Schicksals, daß aus der ungeheuren von Galilei in seinem langen arbeits- und erfolgreichen Leben in Summa geschaffenen und uns hinterlassenen Geistesarbeit derjenige Teil, um dessentwillen er so viel leiden mußte, von uns heute gar nicht mehr als seine Hauptleistung betrachtet wird, so hoch man natürlich auch seine Leistungen auf astronomischem Gebiet schätzen muß.

Der Gipfel seines Schaffens, das Wertvollste seiner ganzen Tätigkeit sehen wir heute darin, daß Galilei die theoretische Physik in ihrer heutigen Gestalt geschaffen hat durch seine noch heute vorbildliche Untersuchung des freien Falls und des Wurfes. Dabei ist es, wie schon hervorgehoben, vor allem die von ihm hierbei befolgte Methode der Forschung, die er in bewußtem Gegensatz zu der in seiner Zeit herrschenden bereits charakteristischen Art, Naturforschung an Hand und am Gängelband der Aristotelischen Werke zu treiben, sich selbst ausbildete und sie gleich zu einer solchen Vollendung erhob, daß diese Untersuchungen bis auf unsere Zeit als Musterwerke theoretisch-physikalischer Forschung dastehen. Um dieser Schriften willen wäre er niemals in so schweren Konflikt mit der Inquisition geraten. Bei diesen Untersuchungen hatte er allerdings die heftige Gegnerschaft der orthodoxen Aristotelesschule, mit deren Arbeitsmethode er sich in Widerspruch setzte.

Die Ansichten der Aristoteliker über den freien Fall waren etwa folgende: Es wird zunächst ein Unterschied zwischen schweren und leichten Körpern gemacht. Jeder Körper sucht seinen ihm zukommenden Ort. Die schweren unten, die leichten oben; die schweren Körper sind demnach der Erdschwere unterworfen, die leichten nicht. Es wird gelehrt, daß schwere Körper schneller fallen, als leichtere. „Das Schwere und Erdige bewegt sich abwärts, das Feuer, das Luftige aufwärts, jedes eben nach dem Platz, den ihm die Vorsehung, die Weltordnung zugewiesen hat. Die Luft ist das treibende Prinzip

Digitized by Google

bei der Bewegung. Im luftleeren Raum ist die Bewegung unmöglich, da der geschleuderte Körper, wenn das Fortstoßende aufhört, denselben zu berühren, entweder durch Gegendruck, wie einige sagen, bewegt wird, oder deswegen, weil die fortgestoßene Luft wieder in einer Bewegung fortstößt, welche schneller ist als die Raumbewegung des fortgestoßenen Körpers, in welcher er an seinen ihm „häuslichen" Ort hinbewegt wird." Man sieht, es werden auf Grund einiger ganz weniger alltäglicher Erfahrungen sofort Spekulationen angestellt über das „Warum" und die letzten Ursachen. Direkt unrichtige Sätze, wie die verschiedene Fallgeschwindigkeit verschieden schwerer Körper, werden ohne Prüfung benutzt. Physik und Metaphysik gehen durcheinander, ihre Grenzen sind völlig verwischt.

Mit dieser Art der Naturforschung hat Galilei vollständig gebrochen. Er zeigt, wie viel fruchtbarer es ist, nicht gleich nach den letzten Ursachen zu fragen, nicht nach dem „Warum" der Erscheinungen zu fragen, sondern nach dem „Wie". Die Gesetze der Naturvorgänge sind zunächst zu erforschen, die Art ihres Ablaufes, das ist die erste und vornehmste Aufgabe der Naturwissenschaft. Darin liegen auch ihre Grenzen, über die sie nicht hinausgehen darf, wenn sie nicht den Boden verlieren will.

Die reinliche Scheidung von Physik und Metaphysik, das ist das große Verdienst Galileis.

Die Gesetze der Einzelerscheinungen und ihre Beziehungen zueinander zu erforschen, ist die Aufgabe der Naturforschung, nicht aber die Aufsuchung ihrer metaphysischen Ursachen.

Mit diesem Forschungsprinzip tritt er an die Untersuchung der Bewegungsgesetze heran, und es liefert ihm sofort die großartigsten Erfolge. Er untersucht durch Experiment vom Turm zu Pisa die Fallgeschwindigkeit verschieden schwerer Körper. Zum Erstaunen der alten Schule weist er nach, daß alle Körper gleich schnell fallen, daß alle gleichzeitig von der Turmspitze fallenden Körper auch gleichzeitig unten ankommen. Daß die Geschwindigkeit beim freien Fall stets wächst, war natürlich schon allgemein vor Galilei bekannt. Galilei bleibt nun aber nicht bei dieser qualitativen Erkenntnis, die den Aristotelikern genügte, stehen, sondern er suchte nun durch das Experiment das Gesetz, die mathematisch hier herrschende Beziehung zu ergründen. Dazu geht er in der heute für solche Untersuchungen vorbildlichen Weise vor, daß er sich zunächst fragt, wie die Beziehung wohl sein könnte, dann aus den verschiedenen möglichen Annahmen die Konsequenzen zieht, und nun durch den Ver-

Digitized by Google

such ermittelt, welche dieser Konsequenzen mit der Erfahrung übereinstimmt, welche seiner Annahmen also die richtige war. Lange hat er sich bemüht, bis er schließlich das wahre Gesetz fand. So prüfte er zunächst, ob vielleicht die Geschwindigkeit proportional dem durchlaufenen Wege sei, was ja durchaus möglich wäre. Er fand schließlich, daß diese Annahme zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt. Darauf geht er zu einer anderen möglichen Annahme über, daß nämlich die Geschwindigkeit proportional der Zeit ist, oder anders ausgedrückt, daß in gleichen Zeiten die Geschwindigkeit immer gleiche Zuwächse erfährt. Aus dieser Annahme folgt eine bestimmte Beziehung zwischen Fallzeit und Fallweg, daß sich nämlich die Fallwege verhalten wie die Quadrate der Fallzeiten. Diese Beziehung prüft nun Galilei experimentell. Zu diesem Zweck verändert er sich die Bewegung des freien Falles dadurch, daß er an ihrer Stelle den viel langsameren und darum besser beobachtbaren Fall über die schiefe Ebene untersucht, indem er die Bemerkung macht, daß die Endgeschwindigkeit nach Durchlaufen derselben Falltiefe, d. h. der Länge des Lotes vom Anfangspunkt des Falles nach der durch den Endpunkt gehenden Horizontalebene, dieselbe ist, unabhängig von der Neigung der schiefen Ebene. Die Art, wie Galilei diesen Satz plausibel macht, ist so charakteristisch, daß sie hier wiedergegeben werden möge. Er geht aus von der Erfahrung, daß ein Pendel ebenso hoch steigt wie es gefallen ist. Der hierbei von dem Pendel beschriebenen Kreisbogen läßt sich auffassen als eine große Reihe aufeinanderfolgender schiefer Ebenen von wechselnder Neigung. Nun zeigt Galilei, daß das Pendel zu derselben Höhe steigt, von der es losgelassen ist, auch wenn man es zwingt, seine Bahn zu verändern. Man bewirkt dies in einfachster Weise, indem man in dem Moment, in dem das Pendel durch die Gleichgewichtslage schwingt, durch einen Pflock die Bewegung des Fadens an einer bestimmten Stelle hemmt, daß nun nur das unterhalb dieses Pflockes befindliche Fadenstück weiter schwingen kann, und nun natürlich das Pendel auf einem ganz anderen Kreisbogen wie zuerst weiter schwingt. Der Versuch ergibt, daß das Pendel stets wieder bis zu derselben Höhe (Horizontalebene) ansteigt, ganz unabhängig davon, an welcher Stelle der Pflock eingesteckt war (wenn nur die schwingende Fadenlänge mindestens gleich der halben Falltiefe gewählt wird).

Aus diesem frappierenden Versuch schließt er die Richtigkeit seiner Behauptung. Denn die Neigung der verschiedenen hierbei

Digitized by Google

sukzessive durchlaufenen Ebenen ist ja hier bei jedem Versuch eine andere. Da die erreichte Höhe stets dieselbe ist, schließt er, daß die Fallgeschwindigkeit in derselben Höhe unabhängig von der Neigung der Ebene ist.

Auf diese Weise rechtfertigt er also die Benutzung der schiefen Ebene. Danach schreitet er nun zur Prüfung der aus seiner Annahme, daß die Geschwindigkeit der Fallzeit proportional ist, folgenden Konsequenz, daß die Fallräume sich verhalten wie die Quadrate der Fallzeiten. Sinnreich ist nun hier wieder die Art der Zeitmessung; Uhren gab es ja damals noch nicht. Er benutzt nämlich als Zeitmaß die aus der engen Öffnung eines Gefäßes ausfließende Wassermenge. Die genannte Beziehung zwischen Fallräumen und Fallzeiten findet sich dabei vollkommen bestätigt.

So sind nun die Grundgesetze des freien Falles aufgefunden; aus ihnen folgen dann, wie Galilei zeigt, eine große Zahl von anderen interessanten Eigenschaften des freien Falles, die heute noch zum mindesten als Übungsaufgaben einen großen Wert haben.

Galilei hat also nachgewiesen, daß das Charakteristische der Fallbewegung die konstante zeitliche Zunahme der Geschwindigkeit ist. Damit ist unendlich mehr geleistet, als wenn er über die Ursache des Fallens im allgemeinen spekuliert hätte. Etwas derartiges hat er auch ganz vermieden. Die Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit heißt nach Galilei Beschleunigung. Das Charakteristische der Fallbewegung ist also eine konstante Beschleunigung. Man nennt daher mit Recht diese wichtige Konstante, die Beschleunigung eines freifallenden Körpers pro Zeit Eins die Galileische Konstante. Galilei fand nun ferner, daß die Größe dieser Beschleunigung um so kleiner ist, je mehr sich die Neigung der schiefen Ebene der Horizontalen nähert. Im Grenzfall, bei ganz horizontaler Ebene wird die Beschleunigung Null, die Geschwindigkeit erhält keine Zuwächse, d. h. sie bleibt ungeändert. Auf horizontaler Bahn behält also ein Körper eine ihm einmal erteilte Geschwindigkeit in alle Ewigkeit bei. Galilei hat so den Satz bewiesen, den man später als Gesetz der Trägheit bezeichnet hat. Einen besonderen Wert hat Galilei nicht darauf gelegt, er hat ihn kaum vor anderen minder wichtigen Konsequenzen hervorgehoben. Stillschweigend benutzt er aber den Satz häufig, so daß man Galilei wohl mit Recht als Entdecker dieses Fundamentalsatzes bezeichnen kann, wenn er ihn auch sozusagen nur nebenbei aufstellt und erst andere nach ihm ihn als besonderes Prinzip aufstellen, namentlich erst Newton seine volle Bedeutung für die ganze Mechanik hervorgehoben hat.

Digitized by Google

Sofern man nun von dem Gedanken ausgeht, daß der freie Fall dadurch hervorgebracht ist, daß die Erde ständig die Körper ihrem Mittelpunkt zu nähern sucht, als wenn in ihm ein Mensch mit Muskelkraft sich befinde, der die Körper mit dieser Kraft anzieht, spricht man davon, daß die Erde eine konstante Anziehungskraft ausübt; es ist also nach dem Galileischen Befund als Maß der Kraft die Größe der Beschleunigung zu setzen. Auf diese Weise ist Galilei der Begründer des heutigen Kraftbegriffes. Man darf ja nicht etwa jetzt so schließen: Die Erdanziehung ist eine konstante Kraft, folglich bringt sie eine Bewegung mit konstanter Beschleunigung hervor. Das würde mindestens eine gänzlich verkehrte Ausdrucksweise sein.[1]) Die Erde wirkt in der Richtung nach ihrem Mittelpunkt anziehend. Bewegt sich ein Körper auf horizontaler Bahn, so unterliegt er also der Einwirkung der Erde überhaupt nicht, es findet keine Beschleunigung statt, die Geschwindigkeit bleibt konstant: wieder das Gesetz der Trägheit.

Spricht Galilei das Gesetz auch nicht als Prinzip aus — es folgt ja, wie wir sehen, ganz selbstverständlich aus dem Vorhergehenden — so wendet er es doch weiterhin an, wenn er dazu übergeht, die Wurfbahn zu bestimmen. Er zeigt, daß sie stets eine Parabel ist. Dazu ist aber noch ein neues Prinzip erforderlich, nämlich, wie wir heute sagen, das Prinzip des Parallelogramms der Geschwindigkeiten, daß ein Körper, der gleichzeitig zwei Geschwindigkeiten unterworfen ist, seine tatsächliche Bewegung in der Diagonale des aus den beiden Einzelgeschwindigkeiten gebildeten Parallelogramms ausführt, daß also, wie man auch sagen kann, beide Geschwindigkeiten ganz unabhängig voneinander auf den Körper wirken; dieser gelangt dahin, wohin er auch gekommen wäre, wenn man ihn erst nur der einen und darauf nur der anderen Geschwindigkeit unterworfen hätte. Es ist dies ein Satz, der nicht von vornherein selbstverständlich ist, sondern nur der Erfahrung entnommen werden kann.

Vor Galilei hatte man die wunderlichsten Vorstellungen über die Wurfbahn.[2]) Nach einem Autor (Santbach 1561) sollte z. B. ein Geschoß bis zur Erschöpfung seiner Geschwindigkeit geradlinig weiterfliegen und dann vertikal herabfallen.

Die sämtlichen bisher genannten Untersuchungen von Galilei sind von ihm zusammengestellt in seinen schon genannten „Unter-

1) Siehe hierüber die lichtvollen Auseinandersetzungen in Mach, Mechanik, 6. Auflage, Leipzig 1908. S. 140 ff.

2) Vgl. darüber z. B. Mach, l. c. S. 154.



Digitized by Google

redungen und mathematische Demonstrationen", das er als 70jähriger Greis nach dem unglücklichen Ende des Inquisitionsprozesses in der Verbannung schrieb. Das Buch ist wieder wie der Dialog über die beiden Weltsysteme in Form eines Dialoges zwischen Salviati, Sagredo und dem Aristoteliker Simplicio geschrieben. Das ganze Gespräch, das die verschiedensten Fragen der Mechanik behandelt, ist auf 6 Tage verteilt. Bei weitem der schönste und inhaltreichste Abschnitt ist der den dritten und vierten Tag enthaltende Teil, in dem eben die neue Lehre vom freien Fall und Wurf gegeben wird.

Es liegt eine wunderbare abgeklärte Ruhe über dieser Schrift. An jeder Zeile merkt man, daß ein Meister sie geschrieben hat, der das Ganze vollständig beherrscht; gelassen und sicher wird das stolze Gebäude von Grund aus in klarer Disposition aufgebaut. Jeder neue Schritt, jeder neue Satz wird sorgfältig vorbereitet. Ja, Galilei sucht geradezu nach etwa noch unklar bleibenden Punkten, und bespricht ausführlich durch den Mund des Salviati, unter dem er sich natürlich selbst versteht, die Zweifel, die etwa ausgesprochen werden könnten, und die er dem Sagredo bez. dem Aristoteliker Simplicio in den Mund legt. Besonders sei z. B. hingewiesen auf seine ausführliche Erörterung einiger paradoxer Schlüsse, die man aus seinen Sätzen ziehen könnte. Wenn z. B. die Fallgeschwindigkeit der Fallzeit proportional ist, so wäre sie also am Anfang direkt Null, d. h. der Körper könnte anscheinend überhaupt nicht in Bewegung geraten. Oder auch der Einwand: wenn die Wurfbahn eine Parabel ist, deren Achse durch den Erdmittelpunkt geht, so würde sich der Körper ja schließlich immer mehr vom Erdmittelpunkte entfernen, was doch absurd ist, u. dgl. m.

Zu allem ist der Stil von einer Feinheit und Anmut, die dem Buch neben strengster Wissenschaftlichkeit einen nicht geringen literarischen Wert verleiht. Man kann es als eines der besten in gutem Sinne populärwissenschaftlichen Bücher bezeichnen. Selbst wenn das Buch nur bereits Bekanntes enthielte, wäre es eine außerordentliche Leistung. Speziell von dem dritten und vierten Tage sagt Lagrange: „es gehöre ein außerordentliches Genie dazu, sie zu verfassen, man werde dieselben nie genug bewundern können."[1])

Nicht in gleicher Weise grundlegend sind der erste und zweite sowie der fünfte und sechste Tag der „Unterredungen"; sie haben auf den

1) Vgl. Ostwalds Klassiker Nr. 24 S. 123.

Digitized by Google

Gang der Wissenschaft so gut wie keinen Einfluß gehabt. Sie enthalten auch mancherlei Irrtümer; stets verrät sich aber der große Geist, der sie geschrieben hat, selbst da, wo er geirrt hat. Jedenfalls enthalten sie eine Menge der feinsinnigsten Bemerkungen. Sie handeln wesentlich von der Festigkeit und vom Stoß. Es werden u. a. z. B. aus geometrischen Sätzen Folgerungen über die Festigkeit von Balken und weiter die Widerstandskraft der Knochen von Individuen sehr ungleicher Größe gezogen. Es ergibt sich, daß die Festigkeit von Knochen lange nicht in demselben Verhältnis wächst wie das Gesamtgewicht der Organismen.

Auf dem Gebiete der Mechanik ist, wie wir sehen, Galilei der Begründer der rationellen Dynamik, der Bewegungslehre. Nicht geringe Verdienste aber hat er sich in der Statik, der Lehre vom Gleichgewicht erworben, indem er das Hauptgesetz der Statik, das sog. Prinzip der virtuellen Verschiebungen, das von Stevin bereits entdeckt war, in seiner großen Bedeutung erkannt und angewendet hat; so in dem Falle einer Last auf einer schiefen Ebene, auf das Schwimmen von Körpern auf einer Flüssigkeit, auf das Gleichgewicht der Flüssigkeit in kommunizierenden Röhren.

Es ist das Prinzip, daß ein mechanisches System im Gleichgewicht ist, wenn bei einer kleinen mit den mechanischen Bedingungen des Systems verträglichen Verschiebung die Summe aller an und von dem System geleisteten Arbeiten Null ist, d. h. die von den wirkenden Kräften geleistete Arbeit genau gleich ist der gegen die wirkenden Kräfte geleisteten Arbeit.

Noch manche andere wichtige Anregung und Förderung verdankt die Physik Galilei. Er hat zuerst einen Apparat zur Messung der Temperatur, ein Thermoskop, konstruiert; es war eine Art Luftthermometer. Er verfaßte ferner eine Abhandlung über den Bologneser Leuchtstein. In seiner letzten Lebenszeit war er mit der Idee, das Pendel zur Regulierung der Räderuhren zu benutzen, beschäftigt und hat sogar ein Modell einer Pendeluhr ausführen lassen. Die Kenntnis von der Bewegung des Pendels hatte er ja selbst aufs intensivste gefördert, indem er den Isochronismus der Pendelschwingungen entdeckte, und ferner zeigte, daß die Schwingungsdauer des Pendels proportional der Quadratwurzel der Pendellänge ist.

Eine zunächst physikalische Erfindung war ja auch die des Fernrohrs, das ihn, so primitiv naturgemäß die ersten von ihm angefertigten Exemplare sein mußten, zu seinen bedeutenden Entdeckungen am Sternhimmel sowie überhaupt zu intensiver Beschäftigung

Digitized by Google

mit der Astronomie führte. Es ist bereits mitgeteilt, daß er sich ein Fernrohr auf die bloße Kunde von dessen Erfindung selbst ausdachte und konstruierte. Im wesentlichen besteht die von ihm angewandte heute nach ihm Galileisches Fernrohr benannte Form aus einer dem Objekt zugewandten Konvexlinse. Bevor diese ein reelles Bild des betrachteten Gegenstandes entwirft, werden die Strahlen durch eine Konkavlinse zerstreut, und es entsteht ein vergrößertes virtuelles aufrechtes Bild. Die Anordnung ist dieselbe, wie sie im Opernglas verwandt wird.

Schon nach einem Jahr konnte Galilei in der Schrift sidereus nuncius über eine Fülle von Entdeckungen berichten. Er hatte entdeckt, daß die Oberfläche des Mondes wie die der Erde Berge und Täler aufwies, er stellte die Milchstraße als aus ungeheuer vielen Sternen bestehend dar u. a. m.

Am wichtigsten war wohl seine Entdeckung der vier Jupitermonde, sowohl an und für sich als, wie schon ausgeführt, im Hinblick auf das kopernikanische Weltsystem, für welches die Entdeckung eines solchen Sonnensystems im kleinen eine gewaltige Stütze war.

Galilei war einer der ersten, der den Saturnring gesehen hat. Er konnte allerdings nur Verdickungen des Hauptplaneten an zwei gegenüberliegenden Stellen beobachten, die er als zwei den Planet begleitende Sterne deutete. An der Venus und am Merkur bemerkte er die wechselnden Phasen, die wieder einen Beweis für die kopernikanische Lehre darstellten, oder wenigstens durch sie eine sehr einfache Erklärung fanden.

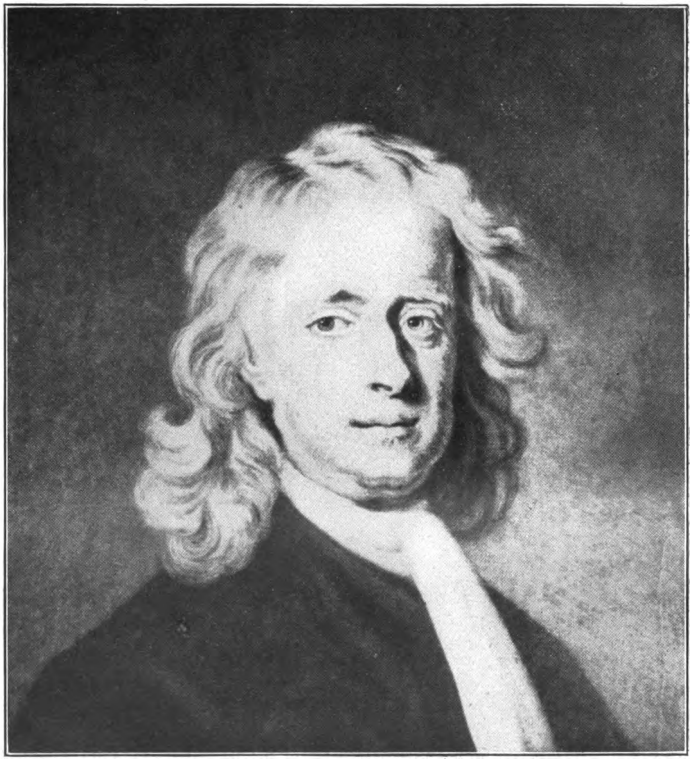
Schließlich sei noch seine Entdeckung der Sonnenflecken genannt, in der er allerdings schon Vorläufer hat. Galilei hat jedoch das Verdienst, gezeigt zu haben, daß sie auf der Sonne sich von West nach Ost bewegen, und daraus sofort den Schluß gezogen zu haben, daß die Sonne sich um ihre Achse drehe.

Unser Lebensbild Galileis wäre nicht vollständig, wenn wir nicht auch seine Neigung zu den schönen Wissenschaften, Literatur und Kunst jeder Art erwähnten. Im Zeichnen und Lauteschlagen soll er bedeutende Fähigkeit gehabt haben. Auch Gedichte, die er verfaßt hat, sind auf uns gekommen.

Gewaltig an Geisteskraft, an Selbstvertrauen und Kampfesmut, so steht er an der Schwelle der neuen Zeit; äußerlich ist er im Kampf unterlegen, aber seine Gedanken sind siegreich geblieben; die moderne Naturforschung verdankt ihm die Befreiung von unwürdiger Fessel.

Digitized by Google

Digitized by Google



*Isaac Newton*

Digitized by Google

# II. Isaac Newton.

Die Entwicklung der modernen Mechanik ist eine beispiellos schnelle gewesen. 1638 erschienen die „Unterredungen", in denen Galilei durch seine Untersuchungen über den freien Fall und die Wurfbahn die Fundamente der Bewegungslehre und des Kraftbegriffes im heutigen Sinn legte. Kaum ein Menschenalter später, im Jahre 1686, stellte Newton in den „Mathematischen Grundlehren der Naturwissenschaften" die Gesetze der Mechanik in den allgemeinsten Formen auf, in denen sie noch heute die anerkannte Grundlage dieser Wissenschaft bilden, und zeigte ihre Gültigkeit an den Bewegungen der Himmelskörper. In der kurzen Zeit eines halben Jahrhunderts durchlief die Mechanik ihre ganze Entwicklung bis zu ihrer Vollendung. Seit Newton ist ein prinzipiell neues Prinzip der Mechanik nicht mehr gefunden, wenn wir von dem tiefsinnigen, vor kurzem aufgestellten „Relativitätsprinzip" absehen. Wohl ist natürlich im Laufe der Zeit die von ihm gegebene Grundlage der Mechanik weiter ausgebaut, und namentlich nach der mathematischen Seite hin durchgearbeitet worden, wobei die Newtonschen Prinzipien in Sätze von größter Eleganz gebracht sind. Aber etwas prinzipiell ganz Neues bieten diese Sätze nicht mehr. Sie sind alle in den Newtonschen Ansätzen bereits enthalten. Newton ist auf dem Gebiete der Mechanik bereits der Vollender der von Galilei ausgehenden Neugründung dieser Wissenschaft. Ihm allein verdankt man diese wunderbar schnelle Entwicklung.

Außer dem uralten Rätsel der Planetenbewegung hat Newton der Menschheit auch das ebenso bis auf seine Zeit völlig unbezwungene Problem des Wesens der Farben gelöst. Beides alltägliche, seit den ältesten Zeiten wahrgenommene, sich jeden Menschen aufs intensivste von selbst aufdrängende Erscheinungen. Aber ihre Erklärung wollte nicht gelingen. Kein Wunder, daß Newton beinahe göttliche Verehrung genoß und später auf seine Worte, als die des Meisters, ebenso geschworen wurde, wie im Mittelalter auf die Lehre des Aristoteles.

Im Sterbejahre Galileis, am 5. Dezember 1642, wurde Isaac Newton in Woolsthorpe, einem Dorf in der Grafschaft Lincoln

Digitized by Google

geboren. Sein Vater, der ein kleines Landgut besaß, starb vor seiner Geburt. Newton soll ein überaus zartes, schwächliches Kind gewesen sein. Nach dem Elementarunterricht in der Dorfschule Woolsthorpe erhielt er seine weitere Ausbildung in der Stadtschule des Nachbarstädtchens Grantham, die er aber nur ein Jahr besuchen konnte, da er 1656 wieder nach Woolsthorpe zurückkehren mußte, um seiner Mutter, die in diesem Jahr ihren zweiten Mann verlor, bei der Verwaltung des väterlichen Erbgutes an die Hand zu gehen. Es scheint, als ob sich bald herausstellte, daß der junge Isaac zu allem eher als zum Landmann sich geeignet erwies. Es wurde beschlossen, daß er wieder die Stadtschule in Grantham besuchen sollte, um dann in das Trinity-College in Cambridge eintreten zu können, wo er auch bereits im Jahre 1661 aufgenommen wurde. Er machte dort die vorgeschriebenen Jahre durch. 1667 wurde er zum Minor fellow, 1668 zum Mayor fellow des Trinity-College gewählt. 1669 erhielt er am Trinity-College die Lucasien-Professorship, mit der die Verpflichtung verbunden war, wöchentlich je eine Vorlesung über irgendeine mathematische Disziplin zu halten. Am Trinity-College blieb Newton in dieser Stellung mit einem sehr geringen Einkommen fast 30 Jahre lang, bis im Jahre 1696 mit seiner Ernennung zum Königlichen Münzmeister mit einem Schlage eine gänzliche Veränderung seiner Lebensstellung erfolgte.

Es wird übereinstimmend berichtet, daß Newton niemals in irgendwelchen engeren Verkehr, sei es persönlicher, sei es wissenschaftlicher Art, mit Schulfreunden und Kollegen gekommen ist. Er ist stets einsam geblieben, auf sich selbst angewiesen. Der Grund hierfür lag jedenfalls sowohl in seinem verschlossenen, sich schwer anschließendem Charakter sowie besonders in seiner gewaltigen geistigen Überlegenheit über alle seine Mitschüler und auch Lehrer.

Es ist uns auch nicht bekannt, daß er sich an irgendeinen Kommilitonen angeschlossen oder sonst eine engere Freundschaft geschlossen hätte. Ein inniges Verhältnis, ja wohl beinahe eine Freundschaft hat jedoch zwischen ihm und seinem Lehrer der Mathematik am Cambridge-College, Dr. Barrow, bestanden. Dieser gab 1669 Vorlesungen über Optik heraus, und Newton hat ihn hierbei sehr wesentlich in der Durchsicht und Korrektur unterstützt, auch einige Zusätze geliefert. Es ist wohl anzunehmen, daß dies für Newton der äußere Anlaß gewesen ist, sich besonders mit Optik zu beschäftigen. Wir wissen, daß er sich im Jahre 1666 Glasprismen kaufte, und er

Digitized by Google

erklärt selbst, daß er in diesem Jahre seine optischen Studien begonnen habe. Allerdings können diese bis zum Erscheinen des Barrowschen Lehrbuches noch nicht sehr weit gediehen sein, da dort noch vollständig die alten, vor der Newtonschen Zeit gültigen Ansichten über das Wesen der Farben ohne die geringste Andeutung der Newtonschen Versuche wiedergegeben werden.

Seine erste Publikation über seine grundlegenden Versuche, die Farbenlehre betreffend, stammt vom Februar 1672.

Newton wurde zu ihnen geführt bei dem Bemühen nach Verbesserung des Fernrohres. Man strebte damals allgemein nach Verdeutlichung der Bilder im Linsenfernrohr. Die Ursache der Unschärfe sah man wesentlich in der sogenannten sphärischen Aberration, d. h. der Tatsache, daß die Bilder, welche Strahlen von verschiedenem Öffnungswinkel geben, nicht an genau derselben Stelle liegen, die Randstrahlen sich an anderer Stelle vereinigen, als die Zentralstrahlen.

Newton erkannte, daß die Beseitigung dieser sphärischen Aberration doch noch nicht scharfe Bilder liefern würde, da dann noch die chromatische Aberration bestehen bleibt, die ihren Grund darin hat, daß Strahlen verschiedener Farbe, die von demselben leuchtenden Punkte ausgehen, nicht denselben Bildpunkt ergeben, sondern daß jede Farbe einen andern Bildpunkt hat, was zu den farbigen Säumen Anlaß gibt, mit denen die Bilder der Gegenstände im Linsenfernrohr immer in störender Weise versehen sind.

Newton bemühte sich längere Zeit um die Beseitigung der chromatischen Aberration. Bei dieser Gelegenheit ist er jedenfalls auf seine epochemachenden Versuche zur Farbenlehre geführt, die im folgenden ausführlicher besprochen werden sollen.

In den vorliegenden speziellen auf die Verbesserung des Fernrohres gerichteten Versuchen kam allerdings Newton nicht zum Ziel. Er gelangte zu der Ansicht, daß eine Aufhebung der chromatischen Aberration, die Konstruktion achromatischer Fernrohre, unmöglich sei, und zwar, weil er der falschen Meinung war, Farbenzerstreuung und Brechung seien einander stets proportional.

Er hat hierin geirrt; es ist sehr wohl möglich, achromatische Fernrohre zu konstruieren, wie Euler gezeigt hat. Es ist höchst lehrreich, daß der Schluß, den Euler zu der Annahme führte, der Bau achromatischer Fernrohre müsse ausführbar sein, ebenfalls irrig war. Euler meinte, das Auge sei ein solcher achromatischer Apparat, somit müsse die Konstruktion achromatischer optischer Instrumente möglich sein.

Digitized by Google

Schon Newton wußte, daß das Auge durchaus nicht achromatisch ist, man kann sich durch einfache Versuche leicht davon überzeugen.[1])

Er wandte sich daher von den Linsenfernrohren ganz ab und ging an die Konstruktion eines Spiegelfernrohres, das er 1668 fertigstellte, und das zuerst seinen Namen überall bekannt machte und seinem Erfinder sofort großen Ruhm einbrachte. Es wurde dem König in London vorgeführt; die Royal Society in London, jene private 1662 gegründete Vereinigung der hervorragendsten Gelehrten Englands, veröffentlichte die Erfindung in ihrer Zeitschrift, den Philosophical Transactions, damit Newton die Priorität gewahrt bliebe, und wählte den damals erst 30jährigen jungen Mann in die Reihe ihrer Mitglieder.

Seinen Dank für diese große Auszeichnung konnte Newton nicht würdiger abstatten, als indem er der Gesellschaft kurz nach seiner Wahl zum Mitglied seine berühmte Abhandlung: „Eine neue Theorie über Licht und Farben" übersandte.

Von dieser Abhandlung datiert eine neue Epoche der Optik. Newton war sich des großen Wertes seiner Untersuchung voll bewußt. Er schreibt in einem Briefe vom 18. Januar 1672 an den Sekretär der Royal Society, Heinrich Oldenburg:[2]) „Ich möchte, daß Sie mich in Ihrem nächsten Briefe benachrichtigen, wie lange noch die Gesellschaft ihre wöchentlichen Versammlungen fortsetzt, weil ich beabsichtige, der Königlichen Gesellschaft einen Bericht über eine physikalische Entdeckung zur Prüfung vorzulegen, die mich erst auf die Verfertigung des Teleskops geleitet hat. Ich zweifle nicht, daß dieser Bericht sich viel angenehmer erweisen wird, als die Mitteilung jenes Instruments; denn meinem Urteil nach betrifft es die seltsamste, wenn nicht die wichtigste Entdeckung, welche bisher über die Wirkungen der Natur gemacht worden ist."

Newton hat in der Tat durch die in jener Abhandlung beschriebenen Versuche ganz Außerordentliches geleistet, indem er das Wesen der Farbe aufklärte und dadurch mit einem Schlag die zum Teil recht absonderlichen Vorstellungen beseitigte, die man bis dahin von den Farbenerscheinungen hatte.

1) Siehe hierzu, sowie über ein weiteres Beispiel, bei dem aus unrichtigen Prämissen ein richtiger Schluß gezogen wird, H. v. Helmholtz, Vorlesungen, Band VI, herausg. von F. Richarz, S. 222.

2) Rosenberger, Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien, S. 59.

Digitized by Google

Im wesentlichen galt damals noch die Aristotelische Lehre, die allerdings an Verständlichkeit zu wünschen übrig läßt. Der Sinn dessen, was Aristoteles gemeint hat, ist etwa folgender: In jeder Substanz ist ein gewisser, nicht näher definierter Stoff als „durchsichtiger" vorhanden, der es bewirkt, daß sie sichtbar wird, wenn sie von den von leuchtenden Körpern, etwa der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen getroffen wird.

Je nach der Menge, in der dieses „Durchsichtige" in einem Körper enthalten ist, soll nun das auffallende Agens Licht von verschiedener Farbe ergeben. An und für sich sind also alle Körper mit Dunkelheit behaftet. Werden sie von dem Lichtagens affiziert, was nur geschehen kann, soweit sie „Durchsichtiges" besitzen, so vermengt sich ihre ursprüngliche Dunkelheit mit dem „Durchsichtigen" zu einer gewissen Farbe; und deren Art soll nun abhängen von dem Mengenverhältnis, in dem die Dunkelheit mit „Durchsichtigem" gemischt ist. Es kommt also darauf an, mit welcher Dichte das „Durchsichtige" im Körper vertreten ist. Die Farben ergeben sich aus der Mischung von Licht und Finsternis. Die irdische Materie entstellt gewissermaßen das ursprüngliche Licht, indem sie es mit der Dunkelheit der Körper vermengt, so daß es nur noch als Farbe, nicht mehr in ursprünglichem Glanz herauskommt. Je mehr Dunkelheit dem Licht beigemengt ist, desto mehr rückt die Farbe des Lichts von dem glänzenden leuchtenden Rot durch Grün nach dem Blau und düsteren Violett.

Kurz vor Newtons Auftreten haben sich allerdings schon einige Forscher um eine klarere Auffassung und Erklärung der Farbenerscheinungen bemüht. Aber wenn auch manche dabei der Wahrheit schon näher kommen, so werden sie doch alle durch die kurze, aber inhaltreiche Abhandlung Newtons vollständig in den Schatten gestellt.

Am glücklichsten und erfolgreichsten hat sich Hooke um die Erforschung der Farben vor Newton bemüht.

Die Einzelheiten, die doch heute nicht mehr von Belang sind, sollen übergangen werden. Besonders hervorgehoben muß aber werden, daß Hooke eine der heutigen überraschend nahe kommende Erklärung der sogenannten Farben dünner Blättchen liefert, wie sie bei Seifenblasen, als Anlauffarbe des Stahls, überhaupt immer bei außerordentlich dünnen durchsichtigen Schichten vorkommen. Ganz wie nach der modernen Wellentheorie des Lichtes werden diese Farben als entstehend erklärt durch das Zusammenwirken von

Digitized by Google

zwei Strahlen, von denen der eine an der ersten Begrenzungsfläche reflektiert, der andere in das Blättchen eingedrungen ist, an der zweiten Grenzfläche reflektiert und dann erst wieder, in das erste Medium zurückkehrend, sich mit dem ersten Strahl vereinigt. Allerdings ist die weitere Erklärung, wie nun die Farbe dabei im einzelnen entstehe, gänzlich von der heutigen abweichend.

Die Versuche, durch die Newton in seiner Abhandlung eindeutig und zwingend das Wesen der Farbe aufdeckt, sind genau dieselben, die heute noch als Grundversuche in jeder Experimentalvorlesung über Optik gezeigt werden.

Das Aufsehen, das diese Versuche sofort überall erregten, lag zum Teil wohl darin, daß die Newtonsche Erklärung sozusagen das direkte Gegenteil der bisherigen Aristotelischen Erklärungsart bildete. Nach dieser sollte das Licht an und für sich etwas Gegebenes, Ursprüngliches sein, in dem noch gar nichts von Farben enthalten ist. Diese treten erst auf, wenn das Lichtagens in einen Körper eindringt. Nach den Versuchen von Newton sind die Farben primär in dem ankommenden weißen Licht enthalten. Sie werden sichtbar entfaltet beim Durchgang durch ein Prisma. Die Gesamtheit aller Farben erweckt in unserem Auge die Empfindung Weiß. Die reellen Einzelbestandteile, das primär Gegebene, sind die einzelnen Farben. Weiß ist etwas Sekundäres, etwas, das erst in unserer Empfindung entsteht, wenn Lichtstrahlen aller Farben das Auge treffen. Für alle Lichttheorien vor Newton ist gerade das Weiß das primäre, das erst durch Einfluß der Körper oder in unserem Auge zu Farbe wird.

So bekannt die in jener Abhandlung Newtons angeführten Versuche auch wohl sein mögen, so sollen sie doch der Vollständigkeit und ihrer Wichtigkeit halber hier besprochen werden.

Es sind nur wenige, aber um so beweiskräftigere Versuche, sämtlich mit Glasprismen angestellt.

Newton beschreibt entgegen seiner späteren verschlossenen Art hier ziemlich ausführlich die verschiedenen Gedanken, die ihn bei seinen Versuchen geleitet haben, auch die negativ verlaufenen Experimente.

Im verdunkelten Zimmer läßt er durch ein kleines kreisförmiges Loch im Fensterladen einen Sonnenstrahl einfallen. Hinter die Öffnung setzt er ein Prisma. Auf der gegenüberliegenden Wand erscheint das Spektrum, an dem ihm zunächst auffällt, wie groß seine Breite gegenüber der Öffnung ist. Besonders fällt ihm die längliche Form des Spektrums auf. Nach den damals bekannten

Digitized by Google

Brechungsgesetzen, die naturgemäß, da man ja von dem Wesen der Farben nichts wußte, sich nur allgemein auf einen (weißen) Lichtstrahl bezogen, also nur einen einzigen Brechungswinkel ergeben konnten, hätte die Figur auf der Wand ja wieder ein Kreis sein müssen. Dagegen war die Länge fünfmal größer als die Breite.

Zunächst überzeugt er sich nun, daß die Stelle, an der der Lichtstrahl durch das Prisma ging, also die Dicke des Glases, die nach den älteren Theorien wesentlich war, die Erscheinung nicht änderte. Ebenso war die Größe der Öffnung unwesentlich. Auch etwaige Unregelmäßigkeiten im Glas konnte das Auseinanderziehen der Farben nicht verursacht haben, denn wenn hinter das erste Prisma ein zweites, aber in verkehrtem Sinn gesetzt wurde, so wurde das vom ersten Prisma in eine längliche Form auseinandergezogene Licht von der zweiten wieder in die Kreisform zurückgebracht. Ferner dachte er daran, daß vielleicht die verschiedene Richtung der von der Sonne kommenden Strahlen die Ursache der Farben sein könnte. Newton zeigt, daß auch dies nicht maßgebend war. Der Winkel des Farbenfächers war viel größer, als der größte Winkel, den die auffallenden Sonnenstrahlen bilden.

Es kam ihm nun der Gedanke, ob nicht die Strahlen nach dem Durchgang durch das Prisma sich auf krummen Bahnen bewegen und je nach der Größe der Krümmung verschiedene Teile der Wand treffen könnten. Die Messung ergab aber, daß die Differenz zwischen der Länge des Bildes und der Breite der Öffnung stets ihrer Entfernung proportional war, womit auch diese Möglichkeit zurückgewiesen war.

Die Entscheidung über die Natur der Farben erhält er nun durch sein berühmtes „experimentum crucis".

Dicht hinter das Prisma der Fensterladenöffnung setzt er eine Tafel mit einer kleinen Öffnung; das Licht fiel von da auf eine etwa 12 Fuß entfernte zweite Tafel, die ebenfalls eine kleine Öffnung hatte; das durch diese gehende Licht fiel dann auf ein zweites Prisma und von da schließlich auf die Wand, so daß das Licht also zwei Brechungen erfuhr. Wurde nun das erste Prisma langsam um seine Achse gedreht, so daß also nach und nach verschiedene Teile des Bildes durch die Öffnung der zweiten Tafel hindurchgingen, so zeigte sich, daß das Licht, welches nach der Brechung durch das erste Prisma an dem einen Ende lag, von dem zweiten Prisma viel stärker gebrochen wurde, als das nach dem andern Ende des

Digitized by Google

Bildes hin liegende. Newton schließt daraus[1]): „Und so entdeckte sich die wahre Natur der Verlängerung des Bildes als keine andere, als daß das Licht in sich nicht ähnlich oder homogen ist, sondern aus verschiedenen Strahlen besteht, von denen die einen mehr, die andern weniger brechbar sind, so daß ohne irgendeine Verschiedenheit ihres Einfallwinkels bei demselben Medium, doch die einen mehr gebrochen werden als die andern, und deswegen je nach den verschiedenen Graden ihrer Brechbarkeit die Strahlen durch das Prisma nach verschiedenen Teilen der gegenüberliegenden Wand gehen."

Ferner: „Geradeso wie die Lichtstrahlen sich unterscheiden nach Graden der Brechbarkeit, so unterscheiden sie sich in der Fähigkeit, diese oder jene besondere Farbe zu zeigen. Die Farben sind nicht, wie es allgemein geglaubt wird, Modifikationen des Lichts, die es durch die Brechung und Zurückwerfung an den natürlichen Körpern erhält, sondern ursprüngliche und angeborene Eigenschaften, die in verschiedenen Strahlen verschieden sind. Zu demselben Grade der Brechbarkeit gehört immer dieselbe Farbe und umgekehrt.

Die Art der Farbe und der Grad der Brechbarkeit, welche irgendeiner Art von Strahlen eigentümlich sind, sind nicht abzuändern, weder durch Brechung noch durch Reflexion an einem Körper noch durch irgendeine andere Ursache, soweit ich das entdecken konnte."

Newton berichtet ferner, daß zwei Farben vereinigt eine andere Farbe durch Mischung hervorbringen können, wie Grün aus Gelb und Blau usw.

Dann fährt er fort: „Die erstaunlichste und wundervollste Zusammensetzung aber war die von Weiß. Es gibt keine Sorte von Strahlen, die dies allein hervorbringen kann, es ist immer zusammengesetzt, und zu seiner Herstellung gehören alle vorerwähnten Farben in richtigem Verhältnis. Ich habe oft mit Erstaunen gesehen, wie alle die prismatischen Farben, wenn sie konvergent gemacht und wieder so gemischt wurden, wie sie im Lichte vor dem Durchgang durch das Prisma enthalten waren, aufs neue ein gänzlich reines vollkommen weißes Licht hervorbrachten. Das ist die Ursache, warum Weiß die gewöhnliche Farbe des Lichtes ist; denn Licht ist ein verworrenes Aggregat von Strahlen aller Arten von Farben,

1) Nach Rosenberger, S. 63.

Digitized by Google

so wie sie gemengt von den verschiedenen Teilen der leuchtenden Körper ausgeworfen werden. Ein solches wirres Aggregat erscheint weiß, wenn die Ingredienzen im richtigen Verhältnis stehen; wenn aber eines derselben vorwiegt, so muß sich das Licht der entsprechenden Farbe zuneigen."

Am Schlusse der Abhandlung spricht dann Newton die Ansicht aus, daß man nach diesen Entdeckungen guten Grund habe, das Licht als eine Substanz zu bezeichnen. Diese Meinung soll aber nur unter allem Vorbehalt gegeben werden. „Mehr absolut und eingehender zu bestimmen, was das Licht sei, auf welche Weise es gebrochen wird, und auf welche Art oder durch welche Aktion es in unserem Geist die Einbildung der Farbe hervorbringt, das ist nicht so leicht, und ich will hier nicht Konjekturen mit Gewißheiten zusammenmischen."

Die ganze Abhandlung ist ein mustergültiges Vorbild für das von Galilei zuerst bewußt aufgestellte induktiv-deduktive Verfahren, wie es heute die allgemein geübte bewährte Methode der Naturwissenschaften geworden ist und bei Erörterung der Entdeckung der Fallgesetze durch Galilei ausführlich besprochen ist.

Auch die Art der Darstellung ist unübertrefflich. Man könnte wohl kaum diese Versuche anschaulicher, kürzer und zugleich klarer darstellen. Wohltuend berührt auch die offenbare Freude, mit der Newton seine Überlegungen und Experimente berichtet. In seinen sämtlichen späteren Schriften gibt er sich viel verschlossener und nüchterner.

Dazu trugen wohl wesentlich die zahllosen Angriffe bei, die Newton aus Anlaß dieser seiner ersten Schrift über sich ergehen lassen und abwehren mußte, und die er in solcher Anzahl und Schärfe nicht im geringsten geahnt hatte.

Es ist im ganzen wenig erfreulich und gewinnbringend, die Einzelheiten aller der literarischen Fehden zu verfolgen, in die Newton hier hineingezogen wurde, und die sich wesentlich um Prioritäten der Gedanken in jener Schrift drehen. Besondere Erwähnung verdienen jedoch die Angriffe, die der bereits erwähnte Physiker Rob. Hooke gegen ihn richtete, ein angesehener Gelehrter, der an der Royal Society Curator of Experiments war, in welcher Eigenschaft er für das Material für die Sitzungen und für die Vorbereitung von Experimenten zu sorgen hatte. Dieser war mit zwei andern Mitgliedern der Royal Society von ihr zur Nachprüfung und Begutachtung der Newtonschen Versuche betraut worden. Er erkannte

Digitized by Google

zwar ihre Wichtigkeit und Bedeutung völlig an, behauptete jedoch, daß sie keinen eindeutigen Beweis enthielten, und daß er an der Richtigkeit seiner Farbenlehre festhalten müsse. Der Streit ging nun mehrfach hin und her. Interessant ist er dadurch, daß Newton hierin eine gewisse Annäherung an die Wellentheorie des Lichtes, entgegen seiner Annahme, das Licht sei ein Stoff, zeigt, oder wenigstens zugibt, daß er die Wellennatur des Lichtes nicht für ausgeschlossen hält. Er lehnte sie hauptsächlich deswegen ab, weil dann die Erklärung der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes unmöglich schien, da man doch beim Schall, dessen Wellennatur allgemein anerkannt war, im Gegenteil ein „um die Ecke gehen" bemerken könne. In der Tat liegt hier eine Schwierigkeit, die vollkommen erst im vorigen Jahrhundert gelöst ist, nachdem Newtons großer Zeitgenosse Huygens den Weg dazu gebahnt hat, mit dem Newton darüber eingehend korrespondierte.

Trotzdem Newton in einer Zeit der Mißstimmung über die vielen Streitigkeiten erklärt hatte, über Optik nichts mehr zu veröffentlichen, ging doch Ende des Jahres 1675 wieder eine größere optische Abhandlung von ihm bei der Royal Society ein. Er gibt darin eine eigentümliche Verbindung von Emissions- und Undulationstheorie. Er meint nämlich, das Licht bestehe in einer von den Lichtquellen ausgesandten Emanation, die in dem in den Körpern enthaltenden Äther Schwingungen erregt.

Besonders wichtig ist diese Abhandlung aber dadurch, daß in ihr das ebenso einfache wie geistvolle, jetzt als Methode der Newtonschen Ringe bezeichnete Verfahren angegeben wird, quantitativ die zu den einzelnen Farben dünner Blättchen gehörende Dicke der Schicht zu finden. Hooke, der sich mit den Farben dünner Blättchen und Versuchen zu ihrer Erklärung eingehend und nicht ohne Erfolg schon vorher beschäftigt hatte, war es trotz vieler Mühe nicht gelungen, diese Dicken zu messen, weil sie so außerordentlich klein sind. Newton stellte sich Luftschichten von geeigneter, außerordentlich kleiner, aber ganz genau meßbarer Dicke her, indem er eine Konvexlinse von bekannter Krümmung auf eine ebene Glasplatte legte. Nach ganz einfachen Formeln läßt sich hier die Dicke der Luftschicht zwischen Linse und Platte in verschiedenen Entfernungen von dem Berührungspunkt berechnen. Wie in seiner ersten Arbeit mit Prismen, so hat hier Newton mit denkbar einfachen Mitteln, die jedem zu Gebote stehen, fundamentale Untersuchungen angestellt.

Digitized by Google

Hooke behauptete nun wieder, in seiner Farbenlehre seien bereits eine Reihe der von Newton angestellten Experimente enthalten.

Newton konnte allerdings leicht mit der Entgegnung antworten, daß jedenfalls die Hauptsache, die Auffindung der Beziehung zwischen der Dicke der Blättchen und ihrer Farbe, von Hooke eben nicht angegeben sei, immerhin muß wohl zugegeben werden, daß Hooke mit Recht gekränkt darüber sein mußte, daß Newton ihn so wenig in seiner Arbeit zitiert hatte. Nach verschiedenem Hin- und Herschreiben kamen beide Gegner zu dem Vorsatz, die Streitigkeiten ruhen zu lassen, deren beide müde geworden waren. Hooke veröffentlichte seit jener Zeit nichts mehr. Und auch Newton ließ seine optischen Arbeiten ruhen, um sie erst nach dem Tode Hookes im Jahre 1704 wieder aufzunehmen.

Schon längere Zeit hatte er sich mit Untersuchungen auf einem ganz anderen Gebiet, der Mechanik und kosmischen Physik, intensiv beschäftigt, die ihm unvergänglichen Ruhm einbringen sollte. Sie sind vielleicht das Glänzendste, was auf diesem Gebiete geleistet worden ist.

Mit solchem Höhepunkte der Forschung, wie mit vielen für die Menschheit besonders wichtigen Ereignissen verknüpft die geschäftige Fama leicht mythische Erzählungen, die festhaften und sich nicht ausrotten lassen, auch wenn ihre Unrichtigkeit hundertmal nachgewiesen ist.

Es kann wohl auch schwerlich eine größere oder wenigstens umfassendere Tat gedacht werden, als das Gesetz aufzufinden, nach dem sich die Bewegung der Weltkörper regeln.

So ist es mit der Erzählung von der Entdeckung des Begriffes „spezifisches Gewicht" durch Archimedes; demselben Ursprung entstammt das trotzige „Eppur si muove" des greisen Galilei, und ebendahin gehört die Erzählung, daß Newton eines Tages unter einem Apfelbaum in tiefem Sinnen sitzend, durch einen fallenden Apfel auf den Gedanken geführt sei, ob nicht die Erdschwere, die den Apfel herabziehe, noch weiter reiche. Auch wenn nicht sonst gewichtige historisch beglaubigte Gründe gegen die Wahrheit dieser Erzählung sprechen würden, so ist es vor allem unwahrscheinlich, daß Gedanken von so ungeheurer Tragweite plötzlich dem Haupte des Denkers entsprungen sein sollten. Sie können nur das Endergebnis lange im stillen vorbereiteter Überlegungen sein, die nicht nur den schließlichen glücklichen Entdecker, sondern

Digitized by Google

auch schon gleichstrebende Denker vor seiner Zeit oder auch gleichzeitig beschäftigt haben. Das Rätsel der Bewegung der Weltkörper war ja ein uraltes, und jede Zeit weist Bemühungen auf, es zu lösen. Indem wir die älteren Vorstellungen übergehen, müssen wir als Vorläufer Newtons vor allem Kepler nennen. Er vergleicht ganz direkt die Bewegung der Planeten um die Sonne mit dem Fallen der Körper auf der Erde. Ja er sucht sogar schon nach dem Gesetz der Abnahme der Schwere mit der Entfernung. Allerdings sind die Schlüsse, die ihn hierauf führen, nur sehr allgemeiner unsicherer Art, so daß er auch nicht auf das richtige Gesetz kommt, indem er behauptet, die Schwere nehme ab umgekehrt proportional der Entfernung.

Die Ansicht, die Schwere nehme umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung ab, ist zuerst wohl 1645 von Builaldus und 1666 von Borelli ausgesprochen worden, allerdings ohne genaue mathematische Begründung.

Ein großes, unbestreitbares Verdienst in dieser Frage hat sich aber vor allem wenige Jahre vor Newton dessen uns schon bekannter Gegner Hooke erworben. Man muß ihn als einen direkten Vorläufer Newtons bezeichnen, wenn auch Newton sich in keiner Weise auf Hookes Abhandlungen stützt. Hooke hatte schon 1661, um zu finden, nach welchem Gesetz die Schwere sich mit der Entfernung ändere, an der Erde Wägungsversuche in verschiedenen Höhen angestellt, bei denen nun allerdings keine Gewichtsänderung konstatiert wurde, weil die Höhendifferenzen viel zu klein waren. In demselben Jahre noch stellt er aber, um dieses Gesetz zu finden, Betrachtungen über die Planetenbewegungen an. Er bringt hier die uns heute seit Newton geläufigen Überlegungen. Ein Planet würde seine augenblickliche Bewegung in Größe und Richtung unverändert beibehalten, wenn nicht irgendeine Kraft ihn stets hieran hindert und seine Bewegung so beeinflußte, daß er die tatsächliche Bahn um die Sonne durchläuft. Diese Kraft muß man sich vorstellen als von der Sonne ausgehend, immer zu ihr hingerichtet, wie die Erde einen Körper immer nach ihrem Mittelpunkte zu ziehen bestrebt ist.

Welches nun aber das wichtige Gesetz ist, nach dem jene anziehende Kraft wirkt, namentlich wie sie von der Entfernung abhängt, überlasse er denen, die Geschicklichkeit und Ausdauer dazu hätten, und auch die nötige Zeit, an der es ihm infolge Beschäftigung mit anderen Dingen mangele. Diese Andeutung, daß er nur aus Mangel an Zeit die Verfolgung dieser Ideen und namentlich die Ausrech-

Digitized by Google

nung des wichtigen Anziehungsgesetzes nicht selbst übernehme, streift, wie Rosenberger treffend bemerkt, „ans Komische, denn was dazu helfen konnte, war nicht die Zeit, sondern ein mathematisches Genie allerersten Ranges".

Ganz besonders überraschend aber ist es, daß in einem Briefe Hookes an Newton vom Jahre 1679 noch vor dem Erscheinen der Prinzipien Newtons sich die Stelle findet: Da die Gravitation mit der Entfernung von der Erde (wie das Quadrat der Entfernung) abnähme, so müsse die von einem fallenden Körper beschriebene Kurve eine Ellipse sein, deren einer Brennpunkt das Zentrum der Erde sei.

So nahe ist also Hooke bereits der großen Newtonschen Entdeckung gewesen. Und doch, es fehlte eben an dem Wichtigsten, Fundamentalsten, an dem mathematischen Beweis, daß die Anziehung umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung sei, und daß sich alle bekannten Eigenschaften der Planetenbewegungen auf Grund dieses Gesetzes erklären lassen.

Diesen Schritt und den vielleicht noch bedeutenderen zu dem Nachweis der Identität dieser Anziehungskraft mit der irdischen Schwere zu tun war eben Newton vorbehalten.

Die äußerlichen, auf das kopernikanische System begründeten rein kinematischen Gesetze der Planetenbewegung hatte Kepler bereits auf Grund einer meisterhaften mühsamen Berechnung des vorliegenden Beobachtungsmaterials in den bekannten drei Regeln zusammengefaßt:

1. Die Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.
2. Die Fahrstrahlen von dem Planeten zur Sonne überstreichen in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume.
3. Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der großen Achsen ihrer Ellipsen.

Es kam darauf an, die Erklärung dieser Gesetze zu geben.

Newton zeigte, daß sie alle sich ergeben, wenn man annimmt, daß die Sonne auf die Planeten in gleicher Weise anziehend wirkt wie die Erde auf irdische Körper, und daß diese Anziehungskraft sich umgekehrt verhält wie die Quadrate der Entfernungen. Zur Erklärung des dritten Gesetzes ist außerdem noch anzunehmen, daß die Anziehungskraft der Masse des angezogenen Planeten proportional sein muß. Unter Heranziehung des Gesetzes der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung ergeben sich nach Newton die drei Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung als Folge des


Digitized by Google

einen Anziehungsgesetzes: Zwischen Sonne und Planeten wirkt eine gegenseitige Anziehungskraft, die dem Produkte der Massen von Sonne und Planet proportional, dem Quadrat ihres Abstandes umgekehrt proportional ist. Schon diese Leistung Newtons ist bewundernswürdig. Newton ging jedoch noch viel weiter. Er machte zunächst die weitere Annahme, daß in gleicher Weise eine Anziehungskraft zwischen einem Planeten und seinen Trabanten (Monden) besteht, die ja zusammen als ein Sonnensystem in kleinerem Maßstab betrachtet werden können. Der allerbedeutendste Schritt, den er nun noch weiter tat, ist aber darin zu erblicken, daß er zeigte, daß diese Anziehungskräfte, die Sonne, Planeten und ihre Monde aufeinander ausüben, wesensgleich sind mit der Anziehungskraft, die die Erde auf alle Körper an der Erdoberfläche ausübt, und deren spezielle Gesetze von Galilei erforscht waren. Newtons Gedankengang ist wohl etwa der folgende gewesen. Die Anziehungskraft, die die Erde auf irgendeinen Körper an ihrer Oberfläche ausübt, bleibt bestehen, so weit man auch, wie in Bergwerken, sich dem Mittelpunkt der Erde nähert, und auch, so weit man sich, auf hohen Türmen oder Bergen, von ihm wegbewegen mag. Wie weit mag nun wohl diese Anziehungskraft der Erde reichen? Sollte sie vielleicht, wenn auch möglicherweise mit abnehmender Intensität, bestehen bleiben, so weit man sich auch von der Erde entfernen mag? Es ist schwerlich anzunehmen, daß sie in irgendeiner Entfernung plötzlich aufhören sollte. Dann steht also vielleicht auch der Mond unter dem Einfluß dieser Anziehungskraft? Nun sollen die anderen Planeten auf ihre Monde Anziehungskräfte ausüben, wie die Sonne auf die Planeten und nach demselben Gesetz. Warum sollte es für die Erde anders sein? Dann erhebt sich aber die Vermutung, ob nicht vielleicht diese von der Erde auf den Mond ausgeübte hypothetische Anziehungskraft eben nichts anderes ist, als ein Ausfluß derselben Anziehungskraft, die die Erde auf die Körper an der Erdoberfläche ausübt, und die wir hier als die irdische Schwere bezeichnen, d. h. also daß der Mond in demselben Sinne „schwer" ist, von der Erde angezogen wird wie ein geworfener Stein. Der einzige Unterschied wäre dann nur der, daß die Anziehungskraft, die die Erde auf einen an der Stelle des Mondes befindlichen Körper ausübt, wegen der großen Entfernung viel kleiner sein müßte als auf denselben Körper, falls er sich an der Erdoberfläche befindet. Und zwar müßten sich die Beschleunigungen gegen den Erdmittelpunkt dann umgekehrt

Digitized by Google

verhalten, wie die Quadrate der Abstände vom Erdmittelpunkt. Dies ist nun aber in der Tat, wie Newton zum erstenmal berechnet hat, zutreffend. Man weiß aus astronomischen Beobachtungen, daß der Mond auf seiner Kreisbahn um die Erde gegen die Erde hin eine Beschleunigung von 0,271 cm/sec² erfährt. Andrerseits ist die Beschleunigung, die jeder Körper an der Erdoberfläche gegen den Erdmittelpunkt bekommt, 978 cm/sec², wie aus Beobachtungen am freien Fall bekannt ist. Die Entfernung des Mondes von der Erde beträgt 60 Erdradien, die beiden Beschleunigungen müßten sich, wenn Newtons Hypothese richtig ist, verhalten wie die jeweiligen Quadrate der Abstände vom Erdmittelpunkt, d. h. wie $60 \times 60 : 1$ oder wie 3600 : 1. In der Tat ist nun aber 978 : 0,271 sehr nahe 3600 — ein glänzender Beweis für die Richtigkeit der Newtonschen Hypothese.

Es wird erzählt, daß Newton, dessen große Ruhe sonst bekannt war, bei der ersten Ausführung dieser Rechnung in solche Aufregung geriet, daß er die Rechnung nicht vollenden konnte, sondern ihre Durchführung einem Freund übertragen mußte. Allerdings ist diese Erzählung nicht sehr wahrscheinlich. Durch diese Rechnung war nun gezeigt, daß die irdische Schwere nur ein Spezialfall der allgemeinen Gravitation ist. Daß wir bei irdischen Verhältnissen meist die Abnahme der Schwere mit der Höhe nicht erkennen, liegt daran, daß die Höhenveränderungen, die wir hervorbringen können, nur sehr klein sind gegenüber der Entfernung vom Erdmittelpunkt. Immerhin würde z. B. in einem Luftballon ein Körper, der an der Erdoberfläche ein Gewicht von 1000 g hat, in 6000 m Höhe an einer Federwage nur etwa 998 g anzeigen. Genaue Messungen haben in der Tat die Abnahme der Schwere mit der Höhe zahlenmäßig richtig ergeben. Von hier aus erweitert sich nun ferner das Attraktionsgesetz nach Newton zu dem universellen Gravitationsgesetz. Je zwei ponderable Körper ziehen einander an mit einer Kraft, die proportional ist dem Produkt ihrer Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes. Der noch unbestimmt bleibende Proportionalitätsfaktor ist eine universelle, durch spezielle Versuche (am genauesten vor zirka 20 Jahren von Richarz und Krigar-Menzel) ermittelte Naturkonstante, deren Wert natürlich von den Einheiten abhängt, die man der Masse, Länge und Zeit zugrunde legt.

Das Werk, in dem Newton diese Entdeckung, sowie überhaupt die allgemeinen Prinzipe der Mechanik niedergelegt hat, ist erschienen

Digitized by Google

im Jahre 1687 unter dem Titel: Mathematische Grundlehren der Naturwissenschaften. **Philosophiae naturalis Prinzipia mathematica.**

Man darf es wohl mit Recht das hervorragendste physikalische Werk aller Zeiten nennen.

Es wird in ihm nicht nur die Lehre von der allgemeinen Gravitation und die Anwendung auf die Bewegung der Himmelskörper entwickelt, sondern es ist auch das erste vollständige Lehrbuch der Mechanik, und zwar in einer auch heute noch kaum übertroffenen Vollendung und Präzision.

Es ist in einer überaus knappen Sprache in festgefügter an die „Elemente" des Euklid erinnernden Form geschrieben.

An die Spitze werden einige Definitionen und Prinzipe gestellt, aus denen dann alles übrige mit logischer mathematischer Notwendigkeit abgeleitet wird.

Die erste Definition lautet: Die Menge der Materie (oder Masse) wird durch das Produkt aus Volumen und Dichte gemessen. Es tritt hier gleich der für die Mechanik so außerordentlich bedeutungsvolle Begriff der Masse auf, der vorher noch bei Galilei gar keine Rolle spielt, gar nicht oder nur wenig beachtet wurde. Newton bemerkt dann noch, daß die Masse durch das Gewicht gegeben sei. Daß beide einander stets proportional seien, habe er durch genaue Pendelversuche gefunden. Die folgenden Definitionen decken sich zum Teil mit den drei Axiomen der Bewegung, die von der allergrößten Bedeutung sind und folgendermaßen lauten:

1. Gesetz: „Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern."

2. Gesetz: „Die Änderung der Bewegungsgröße (nach Definition das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit) ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt."

3. Gesetz: „Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich oder die Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung."

Diesen Axiomen der Bewegung schließen sich noch einige Zusätze an, von denen der erste der wichtigste ist. Er spricht den Satz vom Kräfteparallelogramm aus, d. h. den Satz, daß die Kräfte, die auf denselben Körper von verschiedenen anderen Körpern aus-

Digitized by Google

geübt werden, voneinander unabhängig sind, sich gegenseitig nicht beeinflussen und modifizieren, so daß der erste Körper unter der gleichzeitigen Einwirkung aller anderer Körper an den Ort gelangt, an den er gelangt wäre, wenn die Einzelkräfte nacheinander gewirkt hätten.

Das erste Axiom ist offenbar das schon von Galilei angegebene, wenn auch nicht ausdrücklich als solches hingestellte sogenannte Gesetz der Trägheit. Das zweite Gesetz gibt das Maß der Kraft an. Daß die Änderung der Geschwindigkeit das wesentliche bei dem freien Fall ist, war die Erkenntnis Galileis. Newton gibt hiervon in dem zweiten Axiom eine großartige Verallgemeinerung. Das dritte Axiom schließlich ist ein vollständig neues Naturgesetz.

Es folgt dann ein kurzes mathematisches Kapitel, in dem eine Rechnungsmethode gegeben wird, die für die folgenden Rechnungen nötig war. Diese Rechnungsart ist nichts Geringeres, als die Grundlehren dessen, was heute als Differentialrechnung bezeichnet wird, von Newton Fluxionsrechnung genannt wurde, d. h. Rechnungen mit fließenden, stets veränderlichen, voneinander abhängigen Größen. Wir kommen auf diese Leistung Newtons später noch zurück.

Darauf leitet nun Newton die Kraft ab, die auf einen Körper von einem festen Punkt ausgeübt werden muß, wenn sich der Körper in einer Ellipse (allgemeiner einem Kegelschnitt) bewegt, dessen einer Brennpunkt jener feste Punkt ist. Er kommt zu dem fundamentalen Gesetz, daß diese Kraft umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung sein muß. Das Resultat wird nun einfach umgekehrt: ein Massenpunkt, der von einem anderen eine stets nach diesem hin gerichtete Kraft (sogenannte Zentralkraft) erfährt, die umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung ist, bewegt sich in einer Ellipse, deren einer Brennpunkt der Punkt ist, von dem die Kraft ausgeht.

Nach dieser Erörterung der freien Bewegung wendet sich Newton zu dem Gesetze der Bewegungen auf vorgeschriebenen Bahnen, zu denen die Pendelbewegung gehört; das erste Buch enthält auch noch die Bewegungen freier Körper, die gegenseitig Kräfte aufeinander ausüben.

Im zweiten Buch werden zunächst die unter dem Einfluß von Widerstandskräften stattfindenden Bewegungen besprochen, z. B. der Wurfbahn und der Pendelbewegung unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes.

Digitized by Google

Besonders bemerkenswert ist in diesem zweiten Buch die Ableitung der Formeln für Schallgeschwindigkeit.

Das Buch schließt mit der Erörterung der Wirbelbewegungen.

In dem dritten Buch werden aus den in den beiden vorangehenden Büchern gegebenen Grundsätzen die wichtigeren Anwendungen auf die Bewegung der Himmelskörper gemacht, die ein glänzender Beweis für die Fruchtbarkeit der aufgestellten Axiome der Bewegung sind.

Merkwürdig beginnt das Buch mit einigen allgemeinen Regeln, die Newton für die Erforschung der Natur aufstellt. Sie sind interessant genug, um hier angeführt zu werden.

1. Regel. An Ursachen zur Erklärung natürlicher Dinge nicht mehr zuzulassen, als wirklich sind und zur Erklärung jener Erscheinungen ausreichen.

2. Regel. Man muß daher, soweit es angeht, gleichartigen Wirkungen dieselben Ursachen zuschreiben. So dem Atem der Menschen und der Tiere, dem Fall der Steine in Europa und Amerika, dem Licht des Küchenfeuers und der Sonne, der Zurückwerfung des Lichtes auf der Erde und der Planeten.

3. Regel. Diejenigen Eigenschaften der Körper, welche weder verstärkt noch vermindert werden können, und welche allen Körpern zukommen, an denen man Versuche anstellen kann, muß man für die Eigenschaften aller Körper halten. (Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit, Beharrungskraft, Schwere.)

4. Regel: (erst in der dritten Auflage der Prinzipia hinzugefügt.) In der Experimentalphysik muß man die aus den Erscheinungen durch Induktion erschlossenen Sätze so lange als wahr halten, bis andere Erscheinungen eintreten, durch welche sie entweder größere Genauigkeit erlangen oder Ausnahmen unterworfen werden. Dies muß geschehen, damit nicht das Argument der Induktion durch Hypothesen aufgehoben werde.

In dem Hauptteil folgt sodann der schon oben etwas ausführlicher behandelte Beweis dafür, daß aus den Keplerschen Gesetzen die Identität der Gravitation im ganzen Weltraum folgt.

Welches ist denn nun aber Ursache dieser bis in die fernste Ferne stets nach demselben Gesetz wirkenden Kraft der Gravitation? Newton lehnt es am Schluß seines Werkes mit dem berühmten halb stolzen, halb resignierenden Satz: „Hypotheses non fingo,

Digitized by Google

Hypothesen erdenke ich nicht" direkt ab, seine Ansicht darüber mitzuteilen. Die betreffenden Sätze lauten:

„Ich habe noch nicht dahin gelangen können, aus den Erscheinungen den Grund dieser Eigenschaften der Schwere abzuleiten, und Hypothesen erdenke ich nicht. Alles nämlich, was nicht aus den Erscheinungen folgt, ist eine Hypothese, und Hypothesen, seien sie nun metaphysische oder physische, mechanische oder diejenigen der verborgenen Eigenschaften, dürfen nicht in die Experimentalphysik aufgenommen werden. In dieser leitet man die Sätze aus den Erscheinungen ab und verallgemeinert sie durch Induktion. Es genügt, daß die Schwere existiere, daß sie nach den von uns dargelegten Sätzen wirke, und daß sie alle Bewegungen der Himmelskörper und des Meeres zu erklären imstande sei."

So schließt Newton sein im wahren Sinne des Wortes Himmel und Erde umspannendes Werk. Wie großes Aufsehen es sofort machte, ersieht man daraus, daß es kurz nach seinem Erscheinen vergriffen war und noch eine zweite und eine dritte Auflage notwendig wurde.

Das Buch ist vorbildlich geworden für alle späteren Lehrbücher der Mechanik nicht nur im Inhaltlichen, sondern auch in der mathematischen Form der Darstellung. Die ganze Richtung der physikalischen Forschung ist dadurch auf Jahrhunderte hinaus festgelegt und bestimmt worden. Noch heute übt es auf das physikalische Denken seinen Einfluß aus, und nur langsam gelingt es, allmählich im Denken und Forschen darüber hinaus zu kommen. Die große Entdeckung Newtons, daß das einzige verhältnismäßig so einfache Gravitationsgesetz die Bewegungen nicht nur der irdischen Körper, sondern des ganzen Weltalls regle, machte einen so ungeheuren Eindruck, daß man dieses Gesetz als Erklärungsprinzip überhaupt allen physikalischen Erscheinungen zugrunde legen zu müssen glaubte. Man ging dabei über den Meister noch weit hinaus. Wie sich Newton seinem Grundsatze getreu: Hypotheses non fingo nie über die Ursache der Gravitation ausgesprochen hat, so hat er auch die Hypothese der unmittelbaren Fernwirkung niemals direkt aufgestellt, wonach die Gravitationskraft ganz ohne Vermittelung eines Zwischenmediums unvermittelt durch den leeren Raum von einem Körper zum anderen wirke. Im Gegenteil erklärte er diese Ansicht einmal direkt als eine Absurdität. Je mehr sich aber die Erfolge der reinen Fernwirkungstheorie häuften, desto mehr befestigte sich der Gedanke an ihre Richtigkeit, desto mehr glaubte man, ein die Kraft vermittelndes

Digitized by Google

Medium entbehren zu können und dehnte deshalb die Anschauungen dieser Theorie auf alle Gebiete aus, namentlich auf die Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus; erst im vorigen Jahrhundert begann, wieder von England aus, die Reaktion hiergegen auf den letztgenannten Gebieten. Allerdings muß zugegeben werden, daß wir auch heute noch keine allgemein angenommene Vorstellung von der Ursache der Gravitation haben und uns hier noch ganz auf den Newtonschen Standpunkt stellen müssen, indem wir uns an der Kenntnis des Gesetzes, nach dem sie wirkt, genügen lassen; wir sind hier über Newton noch nicht hinausgekommen. Es ist ferner schon betont worden, daß auch die allgemeinen Gesetze der Mechanik von Newton so vollständig gegeben sind, daß bis heute nichts wesentlich Neues hinzugefügt worden ist, wenn sie auch in sehr elegante, umfassende Sätze seitdem zusammengefaßt sind.

Wohl aber muß ein Punkt noch hervorgehoben werden. So glücklich Newton in der Auffindung der Gesetzmäßigkeiten war, und so sehr wir besonders die geniale intuitive Erfassung des Begriffes der Masse und seiner großen Wichtigkeit bewundern müssen, so muß man doch andererseits zugeben, daß die Definitionen und Axiome der Bewegung, die er an die Spitze seines Werkes stellt, nicht diejenige Sorgfältigkeit und innere Logik besitzen, die man gerade bei dieser Darstellung der grundlegenden Sätze und Begriffe wünschen und erwarten würde.[1]) Namentlich tritt dies hervor in der Unklarheit bei der Einführung des Massenbegriffes. Nach der ersten Definition ist die Menge Materie oder die Masse eines Körpers das Produkt aus Dichte und Volumen. Nun ist aber die Dichte die Masse, die in der Einheit des Volumens enthalten ist. Die erste Definition sagt also gar nichts über die Masse aus. Sie ist ein vollkommener Zirkelschluß, der den Begriff der Masse in keiner Weise erläutern kann. Ferner: die dritte Definition enthält das Trägheitsgesetz. Diese Definition ist überflüssig, da in den folgenden Definitionen gesagt wird, daß Kräfte eine Beschleunigung hervorbringen und damit ja von selbst folgt, daß, wenn keine Kräfte wirken, keine Beschleunigung vorhanden ist, also Anfangsgeschwindigkeiten konstant erhalten bleiben.

---

1) Vgl. hierzu die ausgezeichneten Ausführungen von E. Mach in seiner „Mechanik", die mir für das Folgende maßgebend gewesen sind und denen man, soviel ich sehe, nur durchaus in allen Punkten zustimmen kann.

Digitized by Google

Von den beiden sofort folgenden, bereits genannten Axiomen der Bewegung sagen die beiden ersten, die das Trägheitsgesetz und die Definition der Kraft enthalten, dasselbe aus, was in der vorangehenden Definition bereits enthalten und ausgesprochen ist. Das dritte Axiom von der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung bringt nun allerdings ein ganz neues Naturgesetz. Es baut sich aber ganz auf die gegebene Definition der Masse auf, deren Größe bekannt sein muß, wenn das Gesetz überhaupt anwendbar sein soll. Da aber, wie wir gesehen haben, die Definition der Masse eine Scheindefinition ist, so schwebt das dritte Axiom in der Luft. E. Mach hat in vortrefflicher Weise gezeigt, daß es viel logischer ist, den ganzen Gedankengang umzukehren und aus dem dritten Newtonschen Axiom nicht ein Gesetz, sondern vielmehr eine Definition des Begriffes der Masse zu machen, wie es namhafte Physiker neuerer Zeit, Boltzmann, Mach, Poincaré u. a. tun.

In Anbetracht der enormen Geistesleistung und der Fülle von neuen Sätzen, die in den „Grundlehren" niedergelegt sind, erscheint die Zeit, die Newton zur Abfassung seines fundamentalen Werkes gebraucht hat, erstaunlich kurz. Wir dürfen annehmen, daß er etwa im Jahre 1679 begonnen hat, sich intensiv mit Himmelsmechanik zu beschäftigen. Die erwähnte Erzählung von dem Apfelbaum, unter dem ihm zuerst die Möglichkeit einer Ausbreitung der Erdschwere bis auf den Mond hin aufgetaucht sein soll, wird in das Jahr 1666 gelegt, wo Newton längere Zeit auf seinem Erbgut zubrachte, da das College in Cambridge der Pest wegen geschlossen war. Doch sagt Newton selbst in einem von Brewster aufgefundenen Memorandum, daß Teile des ersten Buches 1679 fertiggestellt seien, daß er aber das ganze Werk in 17 oder 18 Monaten von Ende Dezember 1684 niedergeschrieben habe.

In diesen Jahren, seit 1679, hat auch offenbar die Arbeit an den „Grundlehren" seine Tätigkeit vollständig in Anspruch genommen. Sein Famulus Humphrey Newton hat uns Genaueres über die Lebensweise Newtons in jenen Jahren berichtet. Danach war Newton unablässig mit Arbeit beschäftigt, ohne sich jemals die geringste Zerstreuung oder Erholung zu gönnen. Selbst das Essen und Schlafen schränkte er auf das Äußerste, unbedingt Notwendige ein, um keine Zeit zu verlieren. Er war stets so vertieft in seine Gedanken, daß er alles andere darüber vergaß, Essen und Trinken, ja selbst seine Umgebung. Es wird erzählt, daß er gelegentlich, wenn er

Digitized by Google

Gäste bei sich hatte und nach seiner Studierstube ging, um Wein zu holen, seine Freunde ganz vergaß und in seiner Arbeit fortfuhr. Er war in jener Zeit ein typischer zerstreuter Gelehrter, ein zweiter Archimedes. Sein Auftreten und Benehmen andern gegenüber soll im Verkehr ernst und gemessen, aber durchaus nicht unfreundlich gewesen sein. Jedenfalls hat er in jener Zeit ein ganz einsames, nur der Arbeit gewidmetes Leben geführt. Als ihn einst sein Freund Halley fragte, wie er es nur fertig gebracht habe, so viele und große Entdeckungen zu machen, sagte er: „Indem ich unablässig darüber nachdachte." Und ein andermal äußerte er, daß er das, was er etwa Bedeutendes geleistet habe, nur seiner Geduld und seinem andauernden Fleiß zu danken habe.

In jener Zeit der Abfassung der „Grundlehren" hat er auch mit niemandem über die ihn bewegenden Gedanken ausführlich gesprochen oder korrespondiert; die „Grundlehren" sind sein ureigenstes Werk. Es erschien, auf Kosten der Royal Society gedruckt, im Jahre 1687.

Die Veröffentlichung brachte Newton leider sofort wieder einen höchst unerquicklichen und unerfreulichen Prioritätsstreit wegen des Attraktionsgesetzes mit Hooke, mit dem er schon die erörterten Streitigkeiten nach der Publikation seiner ersten Schrift über die Farbenbrechung hatte. Hooke behauptete direkt, Newton habe das quadratische Gesetz von ihm, wenn er auch ohne weiteres zugab, daß die Entwickelungen, die sich dann über die Planetenbahnen anschließen, Newton ganz allein zukommen. In der Tat hatte ja, wie wir schon sahen, Hooke dieses Gesetz schon ausgesprochen. Hooke verlangte durch den Sekretär der Royal Society, Halley, daß Newton dieses in der Vorrede erwähnen solle.

Newton lehnte diese Forderung in äußerst scharfer Weise in einer ausführlichen umfangreichen Verteidigungsschrift rundweg ab. Das Hauptargument bestand darin, daß Hooke überhaupt keinen Anspruch auf das quadratische Kraftgesetz habe, da es schon Bullialdes behauptet habe. Es gelang schließlich der Vermittelung Halleys, den Streit dadurch zu schlichten, daß Newton auf seine Anregung an der Stelle, die das quadratische Kraftgesetz enthält, den Zusatz machte: Der Fall des Zusatzes 6 findet bei der Bewegung der Himmelskörper statt (wie auch unsere Wren, Hooke und Halley unabhängig gefunden haben).

Damit endete dieser unerquickliche Streit, der leicht hätte vermieden werden können. In der Tat muß man wohl sagen,

Digitized by Google

daß Newton die Verdienste Hookes gleich hätte hervorheben oder wenigstens nach der ersten leisen Ermahnung durch Halley sofort in das Werk einfügen sollen.

Man könnte meinen, daß sich die englische Regierung hätte beeilen müssen, Newton eine seiner hervorragenden Bedeutung entsprechende Stellung zu geben. Dem war nicht so. Newton blieb noch viele Jahre in der einfachen ziemlich bedeutungslosen und sehr schlecht bezahlten Stellung als Lucasian Professor am Trinity-College in Cambridge. Unter den Fachmännern erfreute er sich ja eines nicht geringen Ruhmes, der in weitere Kreise auch schon früher durch seine Abhandlung über Farbenbrechung gedrungen war. Auch an der Universität Cambridge war er hochgeschätzt; sie entsandte ihn einige Jahre als ihren Vertreter in das Parlament, wo er allerdings öffentlich niemals hervorgetreten ist. Die einzigen Worte, die er dort gesprochen haben soll, enthielten die Bitte an einen Diener, das Fenster zu schließen.

Sonst blieb jedoch seine Stellung unverändert.

So wenig Wert Newton auf die äußeren Güter des Lebens legte, so mag doch dieser Mangel an äußerem Erfolg mit zu dem Ausbruch einer Gemüts- und Geistesstörung beigetragen haben, die sich bei ihm nach dem übereinstimmenden Zeugnis der Zeitgenossen etwa in den Jahren 1692—1694 bemerkbar machte. Sicheres ist weder über die nächsten Ursachen, noch über die Tiefe und Dauer dieser geistigen Verwirrung bekannt. Am nächsten liegt es wohl, sie als eine naturgemäße Folge der ungeheuren Geistesarbeit anzunehmen, die Newton bei der Abfassung der Prinzipia aufgewandt hatte, ohne dem Körper sein Recht der gelegentlichen Ruhe und Erholung zu gönnen. Als äußerer Anlaß wird auch ein Brand erwähnt, der, durch Umwerfen einer Kerze durch Newtons Lieblingshündchen veranlaßt, wichtige Manuskripte, wie es heißt seiner „Optik", zerstört haben soll.

Jedenfalls scheint Newton nach kurzer Zeit, etwa spätestens im Jahre 1694, die geistige Verwirrung wieder völlig überwunden zu haben.

Im Jahre 1696 fiel die eine der Ursachen, die man für Newtons melancholische trübe und verwirrte Geistesstimmung verantwortlich gemacht hat, die Beschränktheit seiner äußeren Lage, fort.

Durch Vermittelung von Charles Montague, später Earl of Halifax, mit dem Newton in Cambridge, wo Montague studiert hatte, befreundet war, und der das einflußreiche Amt eines Kanzlers

Digitized by Google

des Finanzkollegiums bekleidete, außerdem Präsident der Royal Society war, erhielt Newton die Stelle eines ersten Beamten der Königlichen Münze nach dem Vorsteher. Dieses mit 5—600 Pfund dotierte Amt vertauschte Newton 1699, ebenfalls durch die Gunst seines Freundes Montague mit demjenigen des Master of the Mint, d. h. Direktor der Königlichen Münze, die ihm das stattliche Gehalt von 1500 Pfund jährlich gab. Er war mit einem Schlage aus einer fast ärmlich zu nennenden Stellung zu einem der bestdotiertesten Ämter gelangt, allerdings zu einem Amt, das er der Freundschaft seines einflußreichen Gönners verdankte, nicht einer Anerkennung seiner außerordentlichen Verdienste um die Wissenschaft. Seitdem hatte Newton seinen Wohnsitz in London, wo er nun ein großes Haus führte, dem seine Nichte Katharina Burton vorstand, deren Anmut und Geist vielfach gerühmt wird. So anspruchslos Newton für seine eigene Person blieb, so verstand er es doch gut, seinen Haushalt mit einer seinem hohen Amt entsprechenden Würde zu führen, die vielleicht nicht jedermann von dem einstigen zerstreuten, nur in der Einsamkeit seinen Problemen nachgrübelnden Cambridger Professor erwartet hatte. Daneben ist er auch von fast unbegrenzter Freigebigkeit gegen Bedürftige gewesen. Ehren aller Art häuften sich nun auf sein Haupt. 1699 wählte ihn die Pariser Akademie zu einem ihrer acht auswärtigen Mitglieder. 1703 wurde er nach dem Tode seines Gegners Hooke Präsident der Royal Society, und die Gesellschaft wählte ihn bis zu seinem Tode jährlich von neuem zu ihrem Präsidenten, was ihm eine ganz eminente Machtstellung in der Welt der Wissenschaft verschaffte, in der er nun wie ein Fürst herrschte.

Der Tod Hookes war in Newtons Leben auch insofern von Bedeutung, als nun für ihn der bereits erwähnte Grund fortfiel, der ihn bisher an einer zusammenfassenden Darstellung seiner Versuche und Gedanken über Optik gehindert hatte. Er hatte sich vorgenommen, so lange Hooke lebte, nichts wieder über Optik zu veröffentlichen, um nicht mit diesem von neuem in Streitigkeiten zu geraten.

Nun zögerte er nicht mehr damit. Im Jahre 1704 erschien dieses lange geplante Werk. Es ähnelt in seiner ganzen Anlage, der geschlossenen Form, der Einteilung in Definitionen und Lehrsätze und Axiome sehr den „Grundlehren" und weicht insofern sehr von seiner schon geschilderten Abhandlung über das Wesen der Farben ab. Sachlich beruht aber die größte Abweichung darin, daß hier Newton von vornherein und ausdrücklich die Emissionstheorie

Digitized by Google

des Lichtes zugrunde legt, die er in seiner ersten Abhandlung nur als plausibel hingestellt hatte. Das erste Buch gibt wesentlich seine ersten grundlegenden Versuche über die Farben, sowie die darauf gegründete genaue Erklärung des Regenbogens. Im zweiten Buch sind dann die Versuche über die Farben dünner Blättchen enthalten. Als neu erscheint nun aber hier, gemäß seinem neuen Standpunkt, in dem er sich ganz zur Emissionstheorie bekennt, die eigentümliche Erklärung dieser Farbenerscheinungen an dünnen Blättchen auf Grund der Emissionstheorie des Lichtes. So gut die Emissionstheorie die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes erklärt — sie ist ja danach überhaupt selbstverständlich, während die Wellentheorie des Lichts nur schwer davon Rechenschaft geben konnte —, so große Schwierigkeiten hat sie, eine befriedigende Erklärung von den Farben dünner Blättchen zu geben, was nun wiederum für die Undulationstheorie des Lichtes ein Leichtes war. Newton erdachte hierzu seine merkwürdige wenig befriedigende Hypothese der „Anwandlungen" des Lichtes. Ungetreu seinem stolzen Wort aus den „Grundlehren", Hypothesen erdenke ich nicht, legt er hier einem Lichtstrahl durchaus hypothetische Eigenschaften bei. Danach soll nämlich ein Lichtstrahl „Anwandlungen" auf seinem Wege erleiden, die es bedingen, daß er an der einen Stelle leichter reflektiert, an der andern leichter gebrochen wird. Diese folgen auf einander in sehr kleinen Intervallen, die aber von Farbe zu Farbe verschieden sind, für Rot am größten, für Violett am kleinsten. Es läuft also die Hypothese ungefähr hinaus auf die verschiedenen Phasen, die sich nach der Undulationstheorie hintereinander in einem Lichtstrahl fortpflanzen, und zwar sind hier die Abstände gleicher Phase (Wellenberg bez. Wellental) gerade die Wellenlänge des Lichtes. Nach der Wellentheorie ist diese Verschiedenheit auf dem Wege eines Lichtstrahles leicht verständlich; wie soll man sich aber diese Verschiedenheiten auf einem Strom materieller in sich gleicher Teilchen denken. Newton sieht sich nun auch an dieser Stelle zur Aufsuchung neuer Hypothesen gezwungen, die er allerdings mehr hinwirft, als ausführt.

Das dritte Buch der Optik enthält schließlich die Beugungserscheinungen, d. h. die gelegentlich etwa bei Durchgang des Lichtes durch sehr enge Spalten auftretenden Abweichungen von der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes; er gibt darin aber nur im wesentlichen schon von Grimaldi untersuchte Erscheinungen mit neuen quantitativen Messungen.

Digitized by Google

Diesen drei Büchern fügt nun aber Newton noch einen höchst merkwürdigen Anhang an, indem er in Form von Fragen allerlei Gedanken Ausdruck verleiht, die er nicht zum Abschluß gebracht hat, oder die ihm nicht reif genug erscheinen, um so wie in den ersten Büchern veröffentlicht zu werden, aber doch der Diskussion wert sein möchten.

Er gibt dort für Erscheinungen, deren bestimmte Erklärung ihm nicht möglich ist, Erklärungsversuche, Gedanken, die er über diese Probleme und ihre etwaigen Erklärungsmöglichkeiten hat.

Sie sind vorsichtigerweise in Frageform eingekleidet, von Ausführungen sehr verschiedenen Umfanges begleitet. Es ist schwer zu sagen, wie weit Newton die dort aufgestellten Gedanken als seine eigene Überzeugung angesehen haben wollte. Jedenfalls haben seine Schüler sie als die ureigenste Ansicht und direkte Lehre des Meisters schon bei seinen Lebzeiten weiterverbreitet, ohne daß Newton sich ernstlich dagegen gewehrt hätte.

Einige Beispiele werden am besten die eigentümliche Form dieses Anhanges zur Optik erkennen lassen.

Die ersten Fragen befassen sich mit Erklärungsversuchen der Beugungserscheinungen. 1. Wirken nicht die Körper schon aus einiger Entfernung auf das Licht, so daß sie die Lichtstrahlen beugen und 2. unterscheiden sich nicht die verschiedenen Lichtstrahlen in dieser Beugbarkeit ebenso wie in der Brechbarkeit, so daß auch bei der Beugung die verschiedenen einfarbigen Strahlen voneinander getrennt werden? 3. Geschieht nicht diese Bewegung vor- und rückwärts, so daß die Strahlen in der Nähe der Körper schlangenförmig gestaltet sind und drei solcher Schlangenbiegungen die vorerwähnten drei Beugungsfransen erzeugen? 4. Stammen nicht die Zurückwerfung, Brechung und Beugung des Lichtes aus einem und demselben Prinzip her, das dabei nur unter verschiedenen Umständen auch in verschiedener Weise wirkt?

In ganz ähnlicher unbestimmt gehaltener Form werden in den folgenden Fragen eine große Menge von Problemen behandelt, das Verhältnis von Licht und Wärme, die Erscheinungen der Doppelbrechung des Lichts, das Wesen der Lichtempfindung u. a. m. Namentlich wird in einer umfangreichen Erörterung nochmals die Emissionstheorie gegen die anderen Lichttheorien verteidigt. Wenn auch vieles von dem in diesem Anhang Gegebenen keinen dauernden Wert gehabt und heute nur noch historisches Interesse hat, so ist der Gedankenreichtum und die geistige Beweglichkeit Newtons

Digitized by Google

hierbei in hohem Maß bewundernswert. Es ist uns heute, wo wir dank der zweihundertjährigen eifrigen Arbeit einer großen Menge von Forschern alle diese Dinge etwas besser einsehen, mancher Irrtum darin schwer begreiflich oder mutet uns wenigstens merkwürdig an; man muß sich aber in jene Zeit hineinversetzen, wo das alles noch ein fast unbekanntes Feld war, dessen Anbau eben erst begonnen wurde. Wer weiß, wie mitleidig in abermals zweihundert Jahren unsere gegenwärtigen Anschauungen belächelt werden!

Will man überhaupt Newton einen Vorwurf machen, so könnte es höchstens der sein, daß er sich um die Ansichten der Gegner nicht genügend bekümmert, oder sie wenigstens nicht genügend beachtet und eines ernstlichen Studiums gar nicht für wert befunden hat.

Das für die Wellentheorie des Lichts grundlegende Werk von Huygens „Abhandlung vom Licht", war 1690, kurz vor Newtons Optik erschienen. Newton erwähnt es jedoch kaum und befaßt sich mit den darin gegebenen Lehren in keiner Weise. Er lehnt es stillschweigend ab. Ihm folgen hierin seine Schüler natürlich in verstärktem Maß, so daß bei der großen Autorität, die Newton besaß, und die sich noch auf viele Jahrzehnte nach seinem Tode erstreckte, Huygens Schrift ein ganzes Jahrhundert fast unbeachtet blieb. Zu Lebzeiten haben sich die beiden großen Zeitgenossen zwar gegenseitig mit größter Achtung behandelt, aber es gelang keinem, den andern zu überzeugen, jeder blieb bei seiner Ansicht.

Nach dem Erscheinen der Optik hat Newton grundlegende Werke neuen Inhalts nicht mehr veröffentlicht, sondern nur noch einige neue Auflagen der „Grundlehren" und der „Optik" herausgegeben. Gerade ihm, der wissenschaftlichen Streitigkeiten so abgeneigt war, war es beschieden, noch in den letzten Jahrzehnten seines Lebens einen heftigen Prioritätsstreit führen zu müssen. Es handelt sich dabei um nichts Geringeres als um die Erfindung der Differential- und Integralrechnung. Wenn es auch an dieser Stelle unmöglich ist, auf das Sachliche in diesem Streit einzugehen, so muß er doch hier besprochen werden, weil er in Newtons Leben eine große Rolle gespielt hat.

Wie es so oft bei wissenschaftlichen Entdeckungen vorkommt, daß sie fast zu gleicher Zeit von mehreren gemacht wird, weil die Zeit eben dazu reif und der Boden vorbereitet ist, so war es auch hier; nur daß der Streit hier von besonderer Bedeutung ist, weil die Gegner in ihm zwei der hervorragendsten Geister sind, Newton und Leibniz, und es sich um eine der wichtigsten Erweiterungen der Mathematik

Digitized by Google

handelt. Es ist ziemlich klar erwiesen, daß der ganze aufs heftigste geführte, sogar mit Verdächtigungen der schwersten Art angefüllte Streit um die Priorität im Grunde unnötig und gegenstandslos war. Beide Gegner haben die Grundgedanken in denselben Jahren vollständig unabhängig von einander gefaßt, aber natürlich sich stützend auf vorbereitende Arbeiten früherer Mathematiker.

Wenn Newton Mühe hatte, seine Verdienste auf diesem Gebiete zur Geltung zu bringen, so war er allerdings selbst schuld daran, da er niemals eine größere Darstellung seiner neuen Rechnungsart gegeben, sondern nur mehr andeutungsweise und in Briefen davon gesprochen hat. Mit stets zunehmender Heftigkeit hat der Streit bis zu Newtons Tode gedauert, ohne zu irgendeinem Ergebnis zu führen. Sehr richtig urteilt Rosenberger, daß die Nachwelt wohl mehr auf seiten Leibniz' stehen wird. Newton hatte sich zu eigenem persönlichen Gebrauch eine der Differentialrechnung sich in den Grundzügen nähernde Rechnungsart, die Fluxionsrechnung, ausgearbeitet und davon nur so andeutungsweise und kurz Mitteilung gemacht, daß niemand viel damit anfangen konnte; von der Einführung einer neuen bedeutsamen Rechnungsart konnte keine Rede sein. Ganz anders Leibniz. Er hat in ganz bewußter Einsicht die Grundlehren der Differentialrechnung ohne irgendwelche Anlehnung an die Newtonsche Fluxionsrechnung aufgestellt, allgemein zugängig gemacht, und zwar in einer Weise, daß bald andere Forscher die neue Methode aufnehmen, benutzen und weiter ausbilden konnten.

Newton war es vergönnt, sich seines Ruhmes und seines Einflusses, seiner einzigartigen fürstlichen Stellung in der Wissenschaft viele Jahre erfreuen zu können; er erreichte das hohe Alter von 84 Jahren, noch bis kurz vor seinem Tode in verhältnismäßiger großer körperlichen und geistigen Regsamkeit.

Er starb am 20. März 1727.

Was sterblich an ihm war, wurde in der Westminsterabtei mit fürstlichem Ehrengepränge beigesetzt. Seit dem Jahr 1731 erhebt sich dort sein von seinen Erben ihm errichtetes Standbild mit einer pomphaften Inschrift.

Noch heute stehen wir bewundernd vor seinem Lebenswerk. Je weiter die kleinlichen Streitigkeiten, die ihm, nicht ohne seine Schuld, das Leben verbitterten und manche Stunde seines kostbaren Lebens in unfruchtbarem Gezänk raubten, hinter uns in die Nacht der Vergessenheit sinken, um so mehr erheben sich mit stets neuem Glanz die wissenschaftlichen Leistungen Newtons.

Digitized by Google

Digitized by Google

*Christian Huygens*

Digitized by Google

Wohl war er sich seines Wertes bewußt —, das Bewußtsein, das Gesetz gefunden zu haben, welches die Bewegungen der Weltkörper regelt, gab ihm wohl das Recht dazu —, aber wir wissen auch einen schönen Ausspruch von ihm, der uns seine innere Bescheidenheit zeigt, mit dem wir diese kurze Darlegung von Newtons Leben und Wirken schließen wollen:

„Ich weiß nicht, wie ich der Welt erscheine; aber mir selbst komme ich vor wie ein Knabe, der am Meeresufer spielt und sich damit belustigt, daß er dann und wann einen glatten Kiesel oder eine schöne Muschel findet, während der große Ozean der Wahrheit unerforscht vor ihm liegt."

## III. Christian Huygens.

Christian Huygens steht in seinem Leben und in seinen Werken in einem ganz eigenartigen Parallelismus und gleichzeitigem Gegensatz zu seinem großen Zeitgenossen Isaac Newton. Beide haben auf den gleichen Gebieten, Mechanik, Mathematik, Optik gearbeitet, und jeder hat in ihnen Fundamentales geschaffen, aber beide gehen dabei von ganz verschiedenen Standpunkten aus und kommen zu zum Teil entgegengesetzten, einander ausschließenden Resultaten. Huygens schreibt in einer anmutigen, offenen, nichts verschweigenden Weise, gibt alle seine Gedanken dem Leser kund. Newton sucht möglichst die Wege zu verbergen, auf denen er seine Resultate erlangt hat, indem er sie nur in möglichst knapper und konziser, festgefügter Form mitteilt. Damit steht in engem Zusammenhange, daß Huygens in oft freimütiger Art seine Funde preisgibt, wenig auf seine Prioritäten Wert legt, während Newton eifersüchtig seine Prioritätsrechte wahrt und erbitterte Streite darin geführt hat, auch in Fällen, wo es zum mindesten recht fraglich ist, ob er im Recht war oder nicht.

Zu Lebzeiten beider Männer galt es als durchaus ausgemachte Tatsache, daß Newton bei weitem der bedeutendere sei. Und dieses Urteil blieb noch lange so bestehen. Langsam, aber deutlich sichtbar wandelt sich dieses Verhältnis der Wertschätzungen. Immer mehr heben sich die Verdienste Huygens' hervor, er scheint uns heute in seiner wissenschaftlichen Bedeutung Newton ebenbürtig zu sein. Die Holländer dürfen stolz auf diesen ihren Landsmann sein. Huygens' äußerer Lebensgang ist in kurzen Zügen der folgende:



Digitized by Google

Schon Huygens' Vater, der Geheimschreiber bei dem Prinzen von Oranien war, zeigte hervorragende Begabungen. Besonders wird der Umfang seines Wissens und die Weite seiner Interessen gerühmt, die sich auf alle Gebiete menschlicher Tätigkeit erstreckte. Vor allem hat er sich in der Literatur hervorgetan. Ihm wurde im Haag am 14. April 1629 ein Sohn Christian geboren, der der Stolz seines Vaterlandes werden sollte. Zusammen mit seinem älteren Bruder Konstantin wurde Christian von seinem Vater in den Anfangsgründen des Wissens unterrichtet. Er zeigte bald eine auffallende Begabung für Mathematik. Er hatte das Glück, auf der Universität Leiden, die er, 16 Jahre alt, bezog, um Jura zu studieren, in seinem Lieblingsfach, der Mathematik, einen vortrefflichen Lehrer zu finden, van Schooten, der sofort die Fähigkeit seines Schülers erkannte und ihn auf jede Weise förderte, z. B. Descartes auf das junge Genie aufmerksam machte. Lehrer und Schüler kamen in ein enges Freundschaftsverhältnis, das auch nach Ablauf der Studienzeit des jungen Huygens bestehen blieb. Van Schooten verfolgte stets mit herzlicher Freude den wachsenden Ruhm seines Schülers. Nach zweijährigem Aufenthalt in Leiden setzte Huygens seine juristischen Studien in Breda fort. Es folgten, der Sitte der Zeit entsprechend, längere Reisen nach Dänemark, Frankreich und England. 1665 erlangte er durch den steigenden Ruhm, den ihm seine mannigfachen Schriften und Entdeckungen eintrugen, eine seiner Bedeutung entsprechende Stellung. Er wurde von Colbert, dem Minister Ludwigs XIV., nach Paris berufen als Mitglied der eben begründeten französischen Akademie der Wissenschaften. Es war eine äußerst ehrenvolle mit einem großen Gehalt und freier Wohnung verbundene Stellung. Ganz der Wissenschaft lebend, brachte er hier 15 arbeitsvolle, aber auch in hohem Maße erfolgreiche Jahre zu, bis er 1681 nach der Aufhebung des Edikts von Nantes in seine Vaterstadt zurückkehrte, um sie, abgesehen von einigen Reisen, nicht wieder zu verlassen. Unablässig war er auch hier wissenschaftlich tätig, bis ihn der Tod am 8. Juni 1695 ereilte und das stille nur der Wissenschaft gewidmete Leben beendete.

Zwei Gebiete sind es vor allem, auf denen Huygens Großes und Unvergängliches geleistet hat: die Mechanik und die Optik. In beiden hat er fundamental neue originelle Gedanken entwickelt, und zwar in einer Form, in der sie noch heute nach mehr als 200 Jahren zum großen Teil mustergültig sind und gelehrt werden.

Digitized by Google

Seine Arbeiten über Fragen der Mechanik ziehen sich über sein ganzes Leben hin. Wir wollen sie des Zusammenhanges wegen gemeinsam betrachten. Die wesentliche Natur der von Huygens in der Mechanik erreichten Fortschritte über das von Galilei Erreichte hinaus, ist wohl am besten von E. March in seinem vortrefflichen Buch: „Die Mechanik in ihrer Entwicklung" dargestellt worden und seine Erörterungen liegen auch den folgenden Zeilen vielfach zugrunde.

Die Höhepunkte seiner Leistungen auf diesem Gebiete sind unstreitig seine Aufstellung des Gesetzes für die Zentrifugalkraft und der Lehre vom Schwingungsmittelpunkt in sogenannten physischen Pendeln, d. h. Körpern, die nicht wie das bis dahin allein betrachtete mathematische Pendel einen einzigen Massenpunkt enthalten, sondern wie es ja der wirklichen Natur allein entspricht, aus sehr vielen Massenpunkten zusammengesetzt sind, die miteinander starr verbunden sind und sich um einen Aufhängepunkt drehen. In beiden Problemen knüpft er an Galilei unmittelbar an.

Das Trägheitsgesetz, wie es von Galilei zwar nicht direkt ausgesprochen wurde, aber in seinen Schriften so vorbereitet lag, daß es ihnen ohne Mühe entnommen werden konnte, sagte aus, daß ein Massenpunkt, allen äußeren Einwirkungen entzogen, sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit in gerader Bahn in der ursprünglichen Richtung weiterbewegt. Es war damit ein großer Fortschritt gegen die Überlieferung, gegen die Lehre des Aristoteles, gewonnen. Hiernach sollte die Bahn, die ein sich selbst überlassener Körper beschreibt, nicht die gerade Linie, sondern eine Kreisbahn sein. Daß dieses die natürlichste Bewegung eines Körpers sein sollte, entnahm man der kreisförmigen Bewegung der Sonne um die Erde. Es gehörte die ganze geistige Kraft eines Galilei dazu, sich von dieser Anschauung freizumachen und eine gänzlich andere an die Stelle zu setzen. Nach den von Galilei geschaffenen Vorstellungen muß in dem Fall, daß ein Punkt eine Kreisbahn beschreibt, die also eine fortwährende Abweichung von der geradlinigen Bewegung bedeutet, auch fortwährend eine Beschleunigung vorhanden sein, die es bedingt, daß der Punkt von der geradlinigen Bahn abweicht, die ihn an und für sich ja fortwährend von dem Mittelpunkt des Kreises entfernen würde. Diese Beschleunigung muß offenbar nach jenem Mittelpunkt hin gerichtet sein. Indem man diese Beschleunigung nach Galilei als Ausfluß einer Kraft ansieht, kann man also sagen, daß vom Mittelpunkt aus fortwährend eine Kraft auf den betrach-

Digitized by Google 

teten Punkt ausgehen muß, die ihm eine ständig nach dem Mittelpunkt hin gerichtete Beschleunigung erteilt, also, wie man kurz sagt, eine Zentripetalkraft. Es handelt sich nun darum, die Größe dieser Zentripetalkraft durch die gegebenen Elemente der Kreisbahn auszudrücken, nämlich der konstanten Geschwindigkeit, mit der sich der Punkt auf der Kreisperipherie bewegen soll, und den Radius des Kreises, oder auch, was auf dasselbe hinauskommt, durch den Radius und die Dauer eines vollen Umlaufes. Diese Aufgabe löste Huygens. Er fand, daß ein Punkt von der Masse m sich mit konstanter Geschwindigkeit v auf einem Kreise vom Radius r bewegt, wenn auf ihn eine stets nach dem Mittelpunkt gerichtete Kraft wirkt von der Größe $m\frac{v^2}{r}$. Zu dem Begriff einer Zentrifugalkraft, die also vom Mittelpunkt fort gerichtet ist, gelangt man etwa auf folgende Weise. Denken wir uns einen Stein, der an einem Ende einer Kautschukschnur befestigt ist, deren anderes Ende befestigt ist, etwa mit der Hand gehalten wird. Nun werde plötzlich der Stein in eine Geschwindigkeit versetzt, die die Richtung der Tangente hat, die man in ihm an den Kreis vom Radius gleich der Länge des Fadens ziehen kann. Wäre gar keine Verbindung mit dem Mittelpunkt vorhanden, so würde er nach dem Trägheitsgesetz einfach mit der konstanten ihm erteilten Geschwindigkeit sich in Richtung der Tangente weiterbewegen, also vom Mittelpunkt entfernen. Die Entfernung vom Mittelpunkt würde sich also ständig vergrößern, und zwar wie leicht zu berechnen, nicht proportional der Zeit, sondern beschleunigt. Es würde mithin ein im Mittelpunkt stehender Beobachter, der nichts von der durch Drehung erteilten Tangentialgeschwindigkeit weiß, in dieser Tatsache, daß sich der Abstand vom Mittelpunkt ständig in beschleunigtem Maße vergrößert, den Einfluß einer diese Beschleunigung bewirkenden, ständig vom Mittelpunkt fort wirkenden Kraft erblicken, also eine Zentrifugalkraft. Wie man sieht, ist es nur eine scheinbare Kraft, in Wirklichkeit nur eine Äußerung des Trägheitsgesetzes.

Ist nun aber, wie angenommen sei, der Punkt, hier als Stein gedacht, an den Mittelpunkt durch eine dehnbare Schnur gebunden, so wird sich diese scheinbare Zentrifugalkraft darin äußern, daß sie den Faden dehnt; es entsteht hierdurch eine elastische Gegenkraft, die den Stein zurück nach dem Mittelpunkt zieht, eine Zentripetalkraft. Nach dem Gesetz von Wirkung und Gegenwirkung sind Zentripetalkraft und Zentrifugalkraft einander stets gleich und entgegen-

Digitized by Google

gesetzt. Der Faden wird also mit einer bestimmten Kraft gespannt. Man könnte ihm, auch ohne daß eine drehende Bewegung stattfindet, dieselbe Spannung erteilen. Man müßte aber dann eine der Zentrifugalkraft gleiche spannende Kraft auf andere Weise, etwa durch ein am Ende angehängtes Gewicht, auf den Faden wirken lassen. Man kann also auch von der drehenden Bewegung selbst absehen und ihre Wirkung durch die fingierte Zentrifugalkraft ersetzen.

Mach sieht mit Recht die unstreitige begriffliche Schwierigkeit, die hier vorliegt, und Anfängern gelegentlich Mühe macht, darin, daß es zunächst etwas Paradoxes hat, daß eine fortwährend gegen das Zentrum hin gerichtete Beschleunigung doch keine wirkliche Annäherung an den Mittelpunkt herbeiführt und daß die Geschwindigkeit konstant bleibt.

Um so höher müssen wir die Leistung Huygens' schätzen, der solche begrifflichen Schwierigkeiten überwand.

Auf den von Huygens angegebenen Ausdruck für die Größe der Zentrifugalkraft stützte sich dann Newton bald darauf bei seiner Erweiterung der Gravitation von der Oberfläche der Erde in den Weltraum hinaus. Der Mond beschreibt ja ebenfalls eine Kreisbahn um die hierbei als feststehend zu denkende Erde. Es muß also eine nach dem Erdmittelpunkt gerichtete Zentripetalbeschleunigung vorhanden sein, die immer wieder die gleichförmige Geschwindigkeit des Mondes auf seiner Kreisbahn um die Erde aufrecht erhält. Newtons Hypothese ging dahin, daß diese Kraft gegeben sei als Folge derselben Anziehung, die die Erde an ihrer Oberfläche ausübt. Newton zeigte, daß tatsächlich Übereinstimmung mit der Erfahrung besteht, wenn man die Annahme macht, daß die Gravitation umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung wirkt. Um aber die Rechnung durchführen zu können, mußte der Ausdruck für die Zentrifugalkraft bekannt sein.[1])

Vielleicht noch genialer als in der Aufstellung des Ausdruckes für die Zentrifugalkraft zeigt sich Huygens bei der Ableitung der Gesetze des physischen aus Massenpunkten zusammengesetzten Pendels, indem er hierbei ein neues Naturgesetz aufstellt und zu Hilfe zieht, das nichts anderes besagt, als die Unmöglichkeit des perpetuum mobile. Es gelang ihm so die Lösung des Problems, an dem sich schon viele Mathematiker vergebens bemüht hatten.

---

1) Siehe hierzu die Anmerkung 15) der Gedenkrede Boschas auf Huygens.

Digitized by Google

Der Gedankengang, der ihn zur Lösung führte, ist etwa folgender. Denken wir uns ein vertikal herabhängendes Brett; durch ein Loch desselben ist ein Stift horizontal gesteckt, der die Drehachse darstellt. Die Massenpunkte des Brettes sind alle starr miteinander verbunden. Denken wir sie uns nun aber alle aus ihm voneinander gelöst und nur noch mit dem Aufhängepunkt fest verbunden, so löst sich das ganze physische Pendel auf in eine große Menge von einzelnen mathematischen Pendeln, die unabhängig voneinander schwingen, und deren Schwingungsgesetze als bekannt angenommen werden können. Je nach dem Abstand des Punktes vom Drehpunkt, werden diese eine verschiedene Schwingungsdauer haben. Es ist nun von vornherein klar, daß die Schwingungsdauer des physischen Pendels, das aus den vorigen mathematischen entsteht, wenn ich wieder alle Punkte in ihren starren Zusammenhang bringe, irgendeinen mittleren Wert hat zwischen jenen der einzelnen mathematischen Pendel. Es muß in dem physischen Pendel einen bestimmten Punkt geben, der als mathematisches Pendel eine ebenso große Schwingungsdauer hat, wie das wirkliche zusammengesetzte physische Pendel. Dieser Punkt heißt Schwingungsmittelpunkt. Kann man aus den anderen Abmessungen des physischen Pendels diesen Schwingungsmittelpunkt angeben, so ist damit auch die Frage nach der Schwingungsdauer des physischen Pendels gelöst.

Dieses Problem bezwang zuerst Huygens.

Es gelang ihm durch Aufstellung eines von ihm als selbstverständlich nicht weiter begründeten Prinzipes, welches besagt, daß, wie auch die Massen des Pendels ihre gegenseitigen Bewegungen ändern mögen, immer die bei der Abwärtsbewegung des Pendels entstehenden Geschwindigkeiten solche sind, daß beim Aufwärtssteigen der Schwerpunkt genau ebenso hoch steigt, als er zu Anfang gewesen war, mögen nun die Massenpunkte des Pendels dabei starr verbunden bleiben, oder plötzlich von einander gelöst werden, so daß eine Auftrennung in lauter einzelne mathematische Pendel erfolgt.

Zur Erläuterung fügt er hinzu: „Um jeden Skrupel zu entfernen, will ich zeigen, daß das nichts anderes besagen will, als daß, was wohl niemand je leugnen wird, kein Körper von selbst sich aufwärts bewegt."

Man könnte nämlich, wenn wirklich der Schwerpunkt nach Auflösung des Zusammenhanges der Massen höher stieg als er gesunken ist, schwere Körper durch ihr eigenes Gewicht durch

Digitized by Google

Wiederholung des Prozesses beliebig hoch heben. Käme aber der Schwerpunkt niedriger, so könnte man dasselbe durch den umgekehrten Prozeß erreichen.

Und schließlich fügt Huygens noch hinzu, daß sich dieses Prinzip auch noch auf fast alle andern mechanischen Theorien anwenden ließe, und bricht dann mit dürren Worten den Stab über das Problem des perpetuum mobile, einer Maschine, die Arbeit aus nichts erzeugen soll. „Verständen die Erbauer neuer Maschinen, die sich mit dem perpetuum mobile abplagen, dieses Prinzip anzuwenden, so würden sie wohl die Unsinnigkeit ihres Bemühens einsehen und erkennen, daß eine solche Maschine schlechterdings unmöglich ist."

E. Mach bemerkt mit Recht, diese Hypothese bringe eigentlich nur etwas, was schon jeder instinktiv gefühlt habe, aber das große Verdienst Huygens' bestehe eben darin, diese instinktive Erkenntnis begrifflich verwertet zu haben. Übrigens haben wir schon bei Galilei bei Gelegenheit des mathematischen Pendels eine ganz analoge Überlegung gefunden (S. 15).

Wie Huygens nun auf Grund seiner Hypothese den Schwingungsmittelpunkt findet, kann hier nicht ausgeführt werden.

Dasselbe Prinzip benutzt Huygens auch bei der Ableitung der Gesetze des vollkommen elastischen Stoßes.

Fast gleichzeitig ist die Ableitung der Stoßgesetze von drei Forschern in Angriff genommen worden; 1668 gab Wallis die Gesetze des unelastischen, Wren die Gesetze des elastischen Stoßes an. Im folgenden Jahre erschien Huygens' erste kurze Mitteilung der Stoßgesetze ohne Beweise. Diese sind erst in einer nach seinem Tode, 1703, erschienenen Abhandlung enthalten. Von diesen drei Abhandlungen ist diejenige von Huygens unstreitig die bedeutendste. Die Formeln Wrens sind zwar richtig, aber mehr erraten als bewiesen. Huygens leitet die Gesetze des vollkommen elastischen Stoßes mit großer Eleganz ab, indem er von zwei neuen Grundsätzen ausgeht. Der erste ist die Annahme, daß für die Stoßgesetze nur die relative Bewegung der beiden Körper gegeneinander maßgebend ist, der zweite ist eben das auch schon bei der Herleitung der Schwingungsdauer des physischen Pendels benutzte Prinzip, daß ein System von Massen, das der Schwere unterworfen ist, nicht von selbst seinen Schwerpunkt höher legen kann. Es kommt dieses hier im wesentlichen auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie hinaus. Implizite ist in jener Abhandlung auch das heute als Prinzip der Erhaltung der Bewegungsgröße bezeichnete Gesetz

Digitized by Google

enthalten. Es ist diese Ableitung der Stoßgesetze eines der schönsten und instruktivsten elementaren Beispiele dafür, wie man mit Hilfe allgemeiner Prinzipien der Mechanik den Effekt von Vorgängen zu berechnen imstande ist, deren Einzelheiten außerordentlich kompliziert und einer mathematischen Analyse schwer zugängig sind, wie es ja gerade beim Stoß der Fall ist.

Die Diskussion der Formeln, zu denen er gelangt, führte ihn auch zu allgemein interessanten Folgerungen. So beweist er z. B., daß die Geschwindigkeit, die ein ruhender Körper durch den Stoß mit einem anderen mit bestimmter Geschwindigkeit erhält, größer ist, wenn dieser Stoß durch Vermittlung eines Körpers von mittlerer Größe erfolgt, der zuerst von dem bewegten Körper gestoßen wird und dann auf den ruhenden stößt, als wenn der Stoß direkt erfolgt.

Haben die eben besprochenen Leistungen Huygens' für die Entwicklung der theoretischen Mechanik eine ganz besonders weitgehende Bedeutung, so hat eine andere Leistung auf dem Gebiete der Mechanik eine vornehmlich praktische Wichtigkeit erlangt, die seinen Namen schon zu seinen Lebzeiten in weiten Kreisen berühmt gemacht hat. Es sind dies die Verdienste, die er sich um die Verbesserung der Zeitmessung erworben hat.

Die Uhren, die man bis dahin hatte, sind die sogenannten „Waaguhren".

Die „Waag" ist ein um eine senkrechte Achse hin- und herschwingender Stab. Die Achse trägt zwei Schaufeln, die in die Zähne des sogenannten „Kronrades" eingreifen, welches durch ein sinkendes Gewicht in Drehung versetzt wird. Durch die Verbindung vom Kronrad mit der Waag nebst deren Achse und Schaufeln wurde ein annähernd gleichmäßig gehender Gang dadurch erreicht, daß die Drehung des Kronrades immer nach gleichen kurzen Zeitintervallen beim jeweiligen Eingreifen der Schaufeln der hin- und hergehenden Waag gehemmt wird und von neuem beginnt. Die ursprünglichen Ausführungen hatten den Fehler, daß die Waag nicht von selbst zurückschwingt, sondern immer erst durch den Gegenstoß an der anderen Schaufel zur Umkehr gebracht wird, was die Regelmäßigkeit des Ganges stark beeinträchtigt. Man brachte darum verhältnismäßig früh eine auf die Waagachse wirkende Feder an, die ungespannt war, wenn die Achse ihre Normallage einnahm, dagegen bei Ausschlagen der Waag nach rechts oder links gespannt wurde und dadurch die Waag wieder in die Mittellage zurückzudrehen strebte.

Digitized by Google

Huygens hat sich nun in zweifacher Weise um die Verbesserung der Uhren Verdienste erworben. Das eine ist mehr technischer, nicht prinzipieller Art. Die eben erwähnte Feder bestand aus einer Schweinsborste, deren elastisches Verhalten stark von der Witterung, von Temperatur und Feuchtigkeit abhing, was den regelmäßigen Gang beeinträchtigte.

Huygens ersetzt sie durch eine diesem Nachteil nicht ausgesetzte Stahlspirale, ein Schritt, der zur Vollkommenheit der Uhren dieser Art, der „Spindeluhren" sehr wesentlich beitrug und namentlich auch deshalb wichtig war, weil diese Uhren im Gegensatz zu den „Pendeluhren", die eine unveränderliche Aufstellung verlangen, in jeder Lage gebraucht werden können, also im Schiffswesen die einzig brauchbare Form sind.

Die Erfindung dieser eben genannten „Pendeluhren" verdankt man nun ebenfalls Huygens. So gut die Waaguhren im allgemeinen für die gewöhnlichen mäßigen Ansprüche des täglichen Lebens zu brauchen waren, so ließen sie doch an Präzision für wissenschaftliche Zwecke noch zu wünschen übrig.

Das beste Zeitmaß blieb das gewöhnliche einfache Pendel, das ja nach Galileis Beobachtung (s. S. 3) die Eigenschaft der Isochronität besitzt, d. h. in der Schwingungsdauer unabhängig von der Elongation ist. Bei astronomischen Messungen eines Zeitintervalls wurde daher öfters tatsächlich die Anzahl der in ihm erfolgenden Pendelschwingungen gezählt, natürlich ein äußerst mühsames Verfahren. Huygens' Verdienst ist es nun, in den Uhren die „Waag" durch das viel präziser wirkende Pendel zu ersetzen, und dadurch die Genauigkeit der Zeitmessung außerordentlich zu erhöhen. Das „Kronrad" der Waaguhr ist beibehalten; es treibt aber nicht die Waag an, sondern ein Zahnrad, dessen Achse durch Vermittlung einer die Pendelstange umfassenden Gabel das Pendel zum Weiterschwingen veranlaßt. Infolge der Gleichmäßigkeit der Pendelschwingungen ist nun die Regelmäßigkeit des Ganges solcher Pendeluhren, die allerdings nur in fester Aufstellung gebraucht werden können, eine vorzügliche.

In beiden Verbesserungen der Uhr hat Huygens übrigens schon Vorgänger gehabt. Es scheint ziemlich festzustehen, daß die Ersetzung der Schweinsborste in den Spindeluhren durch eine Stahlfeder bereits vor Huygens von Hooke angegeben ist. Die Erfindung der Pendeluhr ferner war bereits 15 Jahre, bevor Huygens seine Anordnung bekannt machte, im Jahre 1641 von dem greisen Galilei

Digitized by Google

ein Jahr vor seinem Tode gemacht, sogar mit einer der heutigen Ausführung ähnlichen Form der Hemmung (s. S. 19). Galilei konnte nicht mehr für die Ausbreitung seiner Erfindung sorgen, so daß sie in Vergessenheit geriet und von Huygens zum zweiten Male erfunden wurde.

Die Beschäftigung mit dem Uhrenwesen gab Huygens Anlaß zur Berechnung der Kurve, die die Eigenschaft hat, daß ein längs ihr fallender Körper stets die gleiche Zeit braucht, um den tiefsten Punkt zu erreichen, von welchem Punkt der Kurve er auch zu fallen beginnt; man nennt diese Kurve die Tautochrone.

Huygens zeigte, daß diese Kurve eine sogenannte Zykloide ist, das ist diejenige Kurve, die z. B. ein Punkt eines rollenden Rades beschreibt. Galilei hatte geglaubt, daß der Kreis eine solche Kurve sei, daß also das Kreispendel die Bedingung des Tautochronismus vollständig exakt erfüllt. Dies war ein Irrtum.

Huygens tat aber noch mehr. Könnte man bewirken, daß der Endpunkt eines mathematischen Pendels wirklich sich stets auf einem Zykloidenbogen bewegt, so hätte man ja das gesuchte Ideal eines Pendels. Huygens zeigte nun, daß man dies erreichen kann, wenn man ein Fadenpendel zwischen zwei sich berührenden Zylindern von zykloidischer Basis aufhängt. Die Länge des Pendels muß der Hälfte eines Zykloidenteils gleich sein. In diesem Fall schwingt der Massenpunkt des Pendels, dessen Faden sich also dabei auf den Zykloiden abwickelt, wirklich, wie Huygens beweist, wieder auf einer der gegebenen kongruenten Zykloide. Ein solches Pendel hat also immer dieselbe Schwingungsdauer, wie groß auch die Amplitude ist. Newton hat den Satz später noch dahin erweitert, daß die Zykloide auch noch den Tautochronismus beibehält, wenn sich der Bewegung ein Widerstand entgegenstellt, der der Geschwindigkeit direkt proportional ist. Die hierher gehörenden mathematischen Untersuchungen Huygens' zählen zu den schönsten, die er hinterlassen hat.

Wie Newton, so hat auch Huygens die Erkenntnis der Lichterscheinungen in weitestem Grade gefördert. Die „Abhandlung über das Licht" (1768) ist noch heute grundlegend für die Theorie der in ihr behandelten Erscheinungen. Es wird in ihr zum ersten Male die Wellenlehre des Lichtes aufgestellt, begründet und ihre Anwendung auf verschiedene Probleme dargetan.

Bewußt stellt er seine Lehre der Newtonschen Emissionstheorie des Lichtes entgegen, die annahm, die Lichtempfindung werde in uns dadurch erregt, daß von dem leuchtenden Körper kleine

Digitized by Google

Partikelchen, die Lichtkörperchen, mit großer Geschwindigkeit ausfliegen, die in uns die Lichtempfindung hervorbringen, wenn sie das Auge treffen. Er sagt:

„Wenn man die außerordentliche Geschwindigkeit, mit welcher das Licht sich nach allen Richtungen hin ausbreitet, beachtet und erwägt, daß, wenn es von verschiedenen, ja selbst von entgegengesetzten Stellen herkommt, die Strahlen sich einander durchdringen, ohne sich zu hindern, so begreift man wohl, daß wenn wir einen leuchtenden Gegenstand sehen, dies nicht durch die Übertragung einer Materie geschehen kann, die von diesem Objekt bis zu uns gelangt, wie etwa ein Geschoß oder ein Pfeil die Luft durchfliegt; denn dies widerstreitet doch zu sehr diesen beiden Eigenschaften des Lichtes und besonders der letzteren. Es muß sich demnach auf eine andere Weise ausbreiten, und gerade die Kenntnis, welche wir von der Fortpflanzung des Schalles in der Luft besitzen, kann uns dazu führen, sie zu verstehen".

In Analogie zum Schall, der ja schon als eine Wellenbewegung in der unsichtbaren und ungreifbaren Luft erkannt war, stellt er die Hypothese auf, daß auch das Licht in einer Wellenbewegung bestehe, die sich mit endlicher Geschwindigkeit von Ort zu Ort fortpflanzt. Nur kann der Stoff, in dem diese Wellenbewegung vor sich geht, nicht die gewöhnliche Materie sein, da das Licht auch durch den von Materie freien Raum sich fortpflanzt, namentlich also von der Sonne durch den leeren Weltraum zur Erde. Es muß ein anderes feineres Medium sein, der Äther. Vermöge seiner Elastizität können in ihm Wellen entstehen und sich fortpflanzen, die das ausmachen, was wir Licht nennen.

Es folgt nun eine Darlegung eines überaus fruchtbaren Gedankens, der in dem heute nach ihm benannten Huygensschen Prinzip gipfelt. Huygens sucht nämlich genauer in den Mechanismus der Wellenbewegung einzudringen und eine Regel zu finden, nach der man sich leicht darüber orientieren kann, wie sich eine Welle weiter ausbreitet. Diese Regel, heute „das Huygenssche Prinzip" genannt, gründet Huygens auf die Erfahrungen und Gesetze, die an dem Stoß von Teilchen gewöhnlicher Körper gegeneinander gewonnen sind. Die Gültigkeit des Prinzipes ist aber hiervon ziemlich unabhängig.

Denken wir uns etwa, um einen grobsinnlichen Vergleich anzuwenden, den ganzen Weltraum angefüllt mit kleinsten Ätherteilchen, die aber nicht frei sind, sondern von denen jedes mit allen

Digitized by Google

seinen Nachbarteilchen durch elastische Fäden verknüpft ist. Gerät eines dieser Teilchen in eine schwingende, zitternde Bewegung, so wird diese Bewegung vermöge der elastischen Verbindung auch die Nachbarteilchen ergreifen und in Bewegung versetzen. Jedes der so in Bewegung begriffenen Teilchen kann nun ebenso betrachtet werden wie das erste. Vermöge des elastischen Zusammenhanges mit seinen Nachbarn wird es ebenfalls diese in Bewegung versetzen, als neues selbständiges Erregungszentrum einer Wellenbewegung tätig sein; und in dieser Weise ist die Überlegung fortzusetzen. Es wird also jeder von einer Lichterschütterung getroffene Punkt Ausgangspunkt von neuen elementaren Lichtwellen. Ist die Fläche auf irgendeine Weise bekannt, bis zu der sich das Licht zu einer bestimmten Zeit fortgepflanzt hat, so hat man, um zu erfahren, wie sich die Welle weiterhin gestaltet, jeden der Punkte der ersten Fläche als Erschütterungszentrum einer für sich bestehenden Wellenerregung zu betrachten. Da in einem Medium, das nach allen Richtungen hin sich ganz gleichmäßig verhält, natürlich auch die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Wellenbewegung nach allen Seiten dieselbe ist, so liegen die Punkte, bis zu der sich die Lichterschütterung nach bestimmter Zeit fortgepflanzt hat, auf einer Kugelfläche, um das Erschütterungszentrum als Mittelpunkt. Um alle Punkte der ersten Fläche hat man nun nach Huygens eine solche Kugelfläche von gleichem Radius zu konstruieren. Es ist evident, daß es eine Fläche gibt, die die äußersten Punkte, bis zu der diese Elementarerschütterungen hingelangt sind, eben berührt, einhüllt. Huygens macht nun die Hypothese, daß diese einhüllende Fläche wirklich diejenige Fläche ist, bis zu der hin die Lichterschütterung sich fortgepflanzt hat. Er macht die Annahme, daß eine Lichtempfindung auch nur auf dieser einhüllenden Fläche hervorgerufen wird.

Hat man einen Lichtpunkt in einem allseitig gleichen Medium, so ergeben sich offenbar immer Kugelflächen für diese einhüllenden Flächen, ein Resultat, das von vornherein einleuchtet und wozu das Huygenssche Prinzip nicht nötig gewesen wäre. Es entfaltet erst in komplizierten Fällen, wo die Anschauung im Stich läßt, seine volle Bedeutung. Huygens konnte auf Grund dieses Prinzipes sofort die Erklärung der geradlinigen Fortpflanzung, der Gleichheit von Einfalls- und Reflexionswinkel und das Snelliussche Brechungsgesetz ableiten. Auf Grund des Huygensschen Prinzipes sieht man diese Sätze fast ohne jede Rechnung ohne weiteres ein. Es ist der beste Führer, um bei verwickelten Verhältnissen der Lichtbewegung

Digitized by Google

sich wenigstens einen ungefähren Überblick über das zu Erwartende zu verschaffen.

Huygens hatte sich bei Aufstellung der Wellenlehre des Lichtes von der Analogie mit dem Schall leiten lassen. Einem Einwand, der sich sofort erhebt, tritt er in verschiedenen Kommentaren entgegen. Das Licht pflanzt sich wesentlich geradlinig fort, es „geht nicht um die Ecke". Dagegen ist nach der alltäglichen Erfahrung beim Schall von geradliniger Ausbreitung nicht die Rede. Die Schallwellen schmiegen sich ganz den zufälligen Begrenzungen an, breiten sich auch seitlich ebenso leicht und gut aus wie geradlinig.

Huygens bemerkt hiergegen, daß die beobachtete scheinbare seitliche Ausbreitung des Schalles auch eine Folge der schwer zu vermeidenden Reflexionen aller Art sein könne. In der Tat ist auch beim Schall in Richtung der geradlinigen Ausbreitung die entsandte Energie am größten, nur verschwindet der Unterschied in verschiedenen Richtungen immer mehr, je größer die Wellenlängen gegenüber den vorhandenen Öffnungen sind.

Es ist neuerdings mit aller wünschenswerten Genauigkeit nachgewiesen, daß der Schall sich um so geradliniger ausbreitet, je höher die Töne, also je kürzer die Wellenlängen sind. Es kommen dann die Schallwellen in ihrem Verhalten dem Licht immer näher. Umgekehrt bekommen die Lichtwellen immer mehr seitliche Ausbreitung, je mehr sich die Spaltbreiten in der Größenordnung den Lichtwellenlängen nähern.

Huygens hielt auch eine seitliche Ausbreitung des Lichtes für möglich, nur meinte er, daß die Lichtmenge, die seitlich zerstreut wird, nur ein ganz kleiner Bruchteil des auffallenden Lichtes sei. Durch die Erscheinungen der Beugung des Lichtes, die damals schon gefunden, aber Huygens noch nicht bekannt waren, erhielt seine Ansicht eine glänzende Bestätigung.

In der Form, in der Huygens das Prinzip aussprach, war es nicht vollständig. Nach der Hypothese, daß Licht auf der einhüllenden Fläche hervorgerufen wird, sieht man z. B. nicht ein, warum von einer gegebenen Erschütterungsfläche aus nicht auch nach rückwärts Licht ausgesandt wird. Und solcher Bedenken erhoben sich noch mehr. Fresnel hat später angegeben, in welcher Weise das Prinzip ergänzt werden muß, um die Erfahrung vollständig wiederzugeben. Kirchhoff gab schließlich den strengen mathematischen Ausdruck des Prinzipes. Es kann natürlich der Genialität Huygens' keinen Abbruch tun, wenn sein Prinzip noch einiger Vervollkomm-

Digitized by Google

nungen bedurfte. Wir dürfen hier das Wort, das Huygens auf Descartes anwandte, auch von Huygens selbst gebrauchen: „Nie zu irren ist doch nur denen gegeben, die nichts vollbringen".

Enthielte die „Abhandlung über das Licht" nur die Aufstellung der Undulationstheorie und des Huygensschen Prinzipes, so wäre es schon ein bewunderungswürdiges Denkmal seines Urhebers. Aber sein Inhalt birgt noch eine weitere staunenswerte Entdeckung, die Aufklärung der merkwürdigen und komplizierten am Kalkspat beobachteten Erscheinungen der Doppelbrechung des Lichtes. In Kürze läßt sich Huygens' Erklärung nicht wiedergeben. Es mag nur erwähnt werden, daß er dabei das von ihm aufgestellte Prinzip in weitem Maße anwenden und seine Nützlichkeit zeigen konnte. Die Erscheinungen sind so kompliziert, daß es Anfängern zunächst stets Mühe macht, sich in sie hineinzudenken und zu ihrem vollen Verständnis durchzudringen. Umsomehr erweckt Huygens' Genie Erstaunen, das hier die Wege nicht nur gewiesen, sondern auch sofort mit unübertrefflicher Klarheit auseinandergesetzt hat.

Aber noch nicht genug damit. In jener Abhandlung über das Licht berichtet er noch über eine seltsame weitere Erscheinung, die er am Kalkspat beobachtete. Tritt ein Lichtstrahl in Kalkspat, so wird er in zwei Strahlen zerlegt, die im allgemeinen in verschiedener Richtung den Kristall durchlaufen. Es treten also zwei voneinander getrennte Strahlen aus. Huygens fand nun, daß die austretenden Strahlen nicht mehr in je zwei zerlegt werden, wenn man sie durch einen zweiten gleichgelegenen Kalkspat schickt, sondern daß nun jeder Strahl in dem zweiten Kalkspatstück nur als ein Strahl sich fortpflanzt, so daß aus dem zweiten Kalkspat nicht, wie man erwarten sollte, vier Strahlen austreten, sondern nur zwei.

Es gelang Huygens nicht, für diese Entdeckung, die sein Beobachtungstalent in hellem Lichte zeigt, eine ihn befriedigende Erklärung zu finden. Er sagt: „Man scheint zu dem Schlusse gezwungen zu sein, daß die Lichtwellen infolge des Durchganges durch den ersten Kristall eine gewisse Gestalt oder Anordnung erlangen". Welcher Art diese Anordnung sei, vermag er nicht anzugeben. Huygens hatte hiermit die ersten Erscheinungen eines Gebietes der Optik gefunden, das nach ihm von großer Bedeutung für die Erkenntnis des Wesens des Lichtes geworden ist, nämlich der sogenannten Polarisation des Lichtes, aus denen man den Schluß ziehen muß, daß das Licht nicht wie der Schall eine longitudinale, sondern eine transversale Wellenbewegung ist, bei der also die Schwingungs-

Digitized by Google

richtung der Teilchen auf der Strahlrichtung senkrecht steht. Hundert Jahre hat es gedauert, bis man der Erklärung dieser von Huygens entdeckten Erscheinung auf die Spur kam.

Noch heute wird dieser als „Huygensscher" bezeichnete Versuch als grundlegende Erscheinung in jeder Vorlesung über die Polarisation des Lichtes als einer der Grundversuche gezeigt.

Wir haben bisher die Gipfelpunkte von Huygens' Schaffen kennen gelernt, die Taten, durch die er der Wissenschaft neue Bahnen und Wege gewiesen, sie mit neuem Leben erfüllt hat.

Noch eine Fülle von Entdeckungen und Betrachtungen, die man ihm verdankt, bliebe zu besprechen. Es mag nur noch auf einige Leistungen hingewiesen werden, die allein genügen würden, ihm für immer einen hervorragenden Platz unter den Förderern der Naturerkenntnis zuzuweisen.

Die Mathematik bereicherte er durch eine Abhandlung über Wahrscheinlichkeitsrechnung, mit Anwendung auf Glücksspiele, ihr so ein ganz neues Gebiet eröffnend.

Die Vereinigung von manueller Geschicklichkeit mit feiner Beobachtungsgabe führte ihn zu bedeutenden astronomischen Entdeckungen. Die bis dahin seit Galilei gebauten Fernrohre waren an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt, namentlich mangels guter Glaslinsen. Huygens befaßte sich selbst mit der Kunst des Glasschleifens und brachte es darin so weit, daß er ein wesentlich besseres Fernrohr konstruieren konnte. Mit diesem entdeckte er eines der merkwürdigsten, vielleicht das seltsamste Gebilde, das die Sternenwelt uns bietet, den Ring des Saturn. Andeutungen davon hatte schon Galilei gesehen, der den Saturn als „dreigestaltig" beschrieb (Siehe S. 20.) Man kann sich leicht vorstellen, welche Überraschung diese Entdeckung machte; noch heute macht ja der Ring des Saturn auf jeden, der ihn das erste Mal sieht, einen gewaltigen Eindruck.

Nur im Fluge können wir die Großtaten Huygens' an uns vorüberziehen lassen, ohne bei ihnen zu verweilen. Sein Name ist aufs engste mit der Erfindung der Dampfmaschine verbunden. Er hat selbst eine Maschine gebaut, die am meisten mit der heutigen Gasmaschine verwandt ist; sie wurde mit Schießpulver getrieben. Papin war hierbei sein Gehilfe. Dieser hat sich dann, den bei Huygens gewonnenen Anregungen folgend, später als Professor in Marburg mit Änderungen dieser Maschine beschäftigt; namentlich durch Einführung von Wasserdampf statt des Schießpulvers. Huygens ist auch das erste Buch Papins gewidmet.

Digitized by Google

Huygens' Genie zeigt sich auch in der Weite seiner Interessen. Überall zeigt sich ihm Interessantes in Hülle und Fülle. Bei der Sektion einer Leiche betrachtet er das Auge. Er findet, daß die Linse ein weicher deformierbarer Körper ist, eine Tatsache, die wohl schon vor ihm bekannt war. Aber ihm taucht sofort die Vermutung auf, daß die Akkommodationsfähigkeit des Auges seinen Grund darin habe, daß wir fähig sind, die Krümmung der Augenlinse willkürlich zu ändern, da sie eben weich ist. Den Schluß dieser kleinen Auswahl aus Huygens' Leistungen möge ein Hinweis auf die Ansichten bilden, die Huygens in der Abhandlung de l'aimant über die Art der von Magnetpolen ausgehenden Kraftwirkung ausspricht. Sie sind deshalb von hervorragendem Interesse, weil sie im Prinzip schon auf fast 200 Jahre später von Faraday verfochtene Anschauungen von dem wesentlichen Anteil, den das umgebende Medium an den Erscheinungen des Magnetismus hat, hinauskommen. Er sagt: „Aus dem Versuch mit Eisenfeile, die auf einem Kartonblatt über einem Magnet ausgestreut wird, geht hervor, daß irgendein Stoff durch und außen um den Magnetstein strömt, denn die Anordnung der Eisenfeile zeigt den Weg dieser Bewegung an; die Eisenfeile wird dadurch beeinflußt, was nicht anders möglich ist, als durch die Wirkung irgend eines in Bewegung begriffenen Körpers". (Zitiert nach der Gedenkrede von Boscha S. 42.)

Es ist ein weiter Weg, den die Wissenschaft von da über Faraday, Maxwell und Hertz genommen hat, bis diese Ahnungen glänzende Erfüllung gefunden haben!

Sogar das Coulombsche Gesetz der Kraftwirkung, die zwei Magnetpole aufeinander ausüben, macht Huygens auf Grund seiner Anschauungen von der Vermittelung durch das Zwischenmedium anschaulich. Er lehnte die Fernwirkung hier ebenso ab, wie er sie bei der Gravitation leugnete, wo er sie ebenfalls als Nahewirkung durch Vermittlung unsichtbarer vermittelnder Zwischenglieder zu erklären suchte.

Huygens vertrat, wie wir sehen, in wesentlichen Punkten die entgegengesetzte Meinung wie sein großer Zeitgenosse Newton. In betreff der Fernwirkung war es allerdings mehr die Newtonsche Schule, nicht Newton selbst. Aber voller Gegensatz bestand in der Anschauung vom Wesen des Lichtes, Emissionstheorie gegen Wellentheorie. So groß war Newtons Autorität, daß die richtige Lehre völlig unterlag, ja ein Jahrhundert lang unterdrückt wurde, ganz verschwand. Sie hat eine glänzende Auferstehung gefeiert. Sie

Digitized by Google

Digitized by Google

*Michael Faraday*



Digitized by Google

steht heute so fest begründet, daß wir uns kaum vorstellen können, daß auch sie sich als falsch erweisen könnte. Wohl sind die Einzelheiten der Vorstellungen Huygens' nicht mehr haltbar, ja wir glauben heute nicht einmal mehr an die mechanische Begründung als elastische Wellen. Wir sehen heute in den Lichtwellen elektromagnetische Wellen. Aber dauernd bestehen bleiben wird wohl die Ansicht von der Wellennatur des Lichtes.

Es ist eine für beide Männer gleich ehrenvolle Tatsache, daß die Nichtübereinstimmung in wissenschaftlichen Fragen der gegenseitigen Hochschätzung keinen Eintrag tat. Es ist eine müßige Frage, wem von beiden die Palme gebührt. Freuen wir uns, daß der Welt zwei so überragende Geister geschenkt worden sind, die die Erkenntnis der Natur so mächtig gefördert haben.

## IV. Michael Faraday.

England, das der Welt den großen Newton, den Vater der Mechanik, geschenkt hat, ist auch die Heimat eines Naturforschers, dem die Physik eine Fülle der wunderbarsten unerwartetsten Entdeckungen verdankt, die den Anstoß zu einer gänzlichen Umwälzung der Lehre vom Magnetismus und von der Elektrizität und zu einer Entwickelung dieser Wissenschaft gegeben haben, wie sie sich großartiger kaum denken läßt. Dieser Naturforscher ist Michael Faraday, „der König der Experimentatoren". Erst vor etwa 20 Jahren hat die auf ihn zurückgehende Epoche der Physik durch die Versuche von Heinrich Hertz einen gewissen Abschluß gefunden. Und jetzt leben alle Physiker völlig in den Ideen und Anschauungen, die Faraday zum ersten Mal geäußert hat, geleitet von einer staunenswerten Begabung, intuitiv den Zusammenhang zwischen scheinbar ganz voneinander getrennten Naturerscheinungen zu erfassen. Aber nicht nur die reine Wissenschaft, auch die Technik genießt heute, was Faraday der Natur abgelauscht hat. Seine Entdeckungen haben in ihren Folgen tief in das wirtschaftliche Leben der Völker eingegriffen. Wenn uns heute die elektrischen Zentralen aller größeren Städte elektrisches Licht liefern, der Verkehr durch elektrische Straßenbahnwagen in ungeahnter Weise zugenommen hat, und in dieser Industrie Tausende Brot und Beschäftigung finden, Telephonanlagen bequemste unmittelbare Verständigung über weite Entfernungen ermöglichen, die elektrische Energie in weitestem Umfange der



Digitized by Google

Menschheit zugängig gemacht ist, so ist das fast alles in letzter Linie auf Faradays Entdeckung der Induktion zurückzuführen. Und dieselbe Entdeckung ist es, die im Induktorium benutzt wird, das heute die Röntgenröhren betreibt.

Alle die wunderbaren Entdeckungen, deren eine einzige genügt haben würde, um ihrem Urheber einen Ehrenplatz in der Geschichte der Physik zu sichern, verdanken wir einem Manne, der in den ärmlichsten Verhältnissen aufgewachsen ist, kaum einen ordentlichen Elementarunterricht, geschweige denn jemals einen systematischen Unterricht in Naturwissenschaften genossen hat, einem vollkommenen Autodidakten, der nichts anderes mitbrachte als eine glühende Begeisterung für die Natur, einen rastlosen Eifer, einen offenen Blick und warme Empfänglichkeit für die Fülle der Erscheinungen, die ihm von außen entgegentraten.

Aber gerade dieser völlige Mangel eines geordneten Unterrichts, der sich in den tausendfach betretenen gewohnten Bahnen bewegt, in dem ein Wissen in feststehender durch Traditionen fast geheiligter Form von Generation zu Generation unverändert weitergegeben wird, nur zu leicht ein unbefangenes Betrachten der Erscheinungen unmöglich macht und allmählich von selbst dahin führt, daß der Geist die gewiesenen Bahnen nicht zu überschreiten vermag und wie mit Scheuklappen den einmal gewiesenen Weg verfolgt, — gerade dieser Mangel hat Faraday wohl dazu befähigt, unbeirrt und unbeengt von Schulmeinungen ganz naiv, gewissermaßen von neuem, an die Erscheinungen heranzutreten, sie mit ungetrübtem Blick, nicht durch die Brille einer traditionellen Doktrin zu betrachten.

Daher hat denn auch seine Vorstellung der elektrischen und magnetischen Kräfte etwas Revolutionäres, von den herrschenden Ansichten durchaus Abweichendes, mit ihnen Unverträgliches. Namentlich gegen die Lehre der Newtonschen Schule (nicht etwa Newtons selbst), von der reinen unvermittelten Fernwirkung der Gravitation, der elektrischen und magnetischen Kräfte, lehnte sich Faraday auf. Er konnte sich durchaus diese Lehre nicht zu eigen machen, sondern sah in der scheinbaren Fernwirkung mit genialer Intuition die Wirkung von unsichtbaren Zustandsänderungen, die sich mit endlicher Geschwindigkeit durch das Zwischenmedium von Ort zu Ort fortpflanzen, versetzt, wie etwa ein Schlag auf das Ende einer Spirale als Welle an dieser fortgleitet.

Freilich war es nun einer schnellen Verbreitung seiner Ideen wieder hinderlich, daß er sie, eben infolge des Mangels an einer

Digitized by Google

Schulung, nicht in einer allgemein verständlichen Weise auszudrücken vermochte, so daß sie meistens ganz unbeachtet oder unverstanden blieben. Wohl nahm man seine Entdeckungen mit Enthusiasmus und Dank für den Entdecker hin, schob aber seine theoretischen Überlegungen als etwas ganz Unverständliches, Lästiges, oder gar Schrullenhaftes bei Seite. Allerdings hätte man sich sagen müssen, daß Gedanken, die ihren Urheber zu solchen erstaunlichen Entdeckungen geführt, wohl einen außerordentlichen Wert haben mußten. Aber sie waren eben so abweichend von aller gewohnten Art der Darstellung geschrieben, eilten auch ihrer Zeit so weit voraus, daß sie unverstanden blieben, und wir erst heute imstande sind, den gewaltigen in ihnen enthaltenen Reichtum und ihre Genialität im Erfassen des Tatsächlichen zu erkennen. Berichtet doch selbst ein Helmholtz, daß er oft ratlos auf Sätze von Faraday gestarrt und ihren Sinn nicht habe ergründen können. Erst als ein kongenialer Landsmann Faradays, Maxwell, eine Darstellung dieser Ideen in der den Gelehrten gewohnten Sprache gab, fingen sie an, allgemein Eingang zu finden. Den endgültigen Sieg seiner Vorstellungen, den die Hertzschen Versuche brachten, hat Faraday nicht mehr erlebt. Die drahtlose Telegraphie, die sich wiederum auf diese berühmten Versuche gründet, ist der denkbar glänzendste Beweis für die Richtigkeit der Faradayschen Ideen.

Faradays wissenschaftliche Tätigkeit gehört ganz dem vergangenen Jahrhundert an. Während uns von Newton nun ein Zeitraum von über zwei Jahrhunderten trennt, so daß er ganz eine historische Größe geworden ist, gibt es wohl noch manchen unter den Lebenden, die Faraday noch persönlich gekannt haben.

Faraday wurde am 22. September 1791 als Sohn eines Schmiedes in Newington Butts geboren, einem Dorf, das heute ganz in dem Weichbild Londons aufgegangen ist. Nach einem kümmerlichen Elementarunterricht wurde er zunächst Laufbursche und nach einer einjährigen Probezeit Lehrling bei dem Buchhändler Riebau. Der aufgeweckte Junge ließ sich nicht an dem Binden der Bücher genügen. Ihn fesselte ihr Inhalt, und er las ziemlich wahllos alles, was ihm dabei unter die Hände kam. Doch waren es bald vor allem die Bücher über Physik und Chemie, deren Inhalt ihn förmlich begeisterte. Er machte die einfachsten Grundversuche der Chemie nach und baute sich selbst eine noch heute erhaltene Elektrisiermaschine.

Von entscheidender Bedeutung für sein ganzes Leben war der Besuch einer Anzahl Abendvorlesungen über Naturphilosophie,

Digitized by Google 

die der Chemiker Davy in den Jahren 1810 und 1811 hielt. Das Eintrittsgeld erhielt Faraday von seinem Bruder.

Von diesen Vorträgen hatte Faraday genaue Ausarbeitungen gemacht. Seine Gedanken waren jetzt nur noch bei der Naturwissenschaft, und als er nun noch das Unglück hatte, als Geselle zu einem rauhen heftigen Meister zu kommen, faßte er sich ein Herz und schrieb unter Beilegung seiner Ausarbeitungen an Davy einen Brief mit der Bitte, ihn in seinem Vorhaben, das Handwerk aufzugeben und sich ganz der Naturforschung zu widmen, mit seinem Rat und seiner Hilfe zu unterstützen.

Faradays Herzenswunsch ging auch in Erfüllung. Davy, dem der junge Mann einen guten Eindruck gemacht haben muß, bot ihm die Stelle als Laborant in seinem Laboratorium an, die Faraday natürlich mit tausend Freuden annahm. Formell wurde er von der Royal Institution angestellt, an der Davy als Dozent tätig war. Es ist dies eine höchst eigenartige wissenschaftliche Gesellschaft. Sie wurde 1799 von Graf Rumford als eine Art technische Schule gegründet. Besondere Berühmtheit haben von jeher die Vorlesungen gehabt, die an ihr von verschiedenen namhaften Gelehrten gehalten werden. Sie kann heute als eine Art Universität für Naturwissenschaften gelten, welche Professoren besoldet, die in erster Linie nur die Verpflichtung zur Forschung, in zweiter die Abhaltung öffentlicher Vorlesungen übernehmen. Da das Hauptgewicht auf die Forschung gelegt wird, wofür den Professoren Zeit und Geld in reichem Maße zur Verfügung gestellt wird, sind es ideale Stellungen, gegenüber den Professuren an den eigentlichen Universitäten, die mit einer großen Menge von Verpflichtungen überhäuft sind, die nicht die zu völliger Konzentration auf ein Gebiet notwendige Zeit gewähren.

An dieser Anstalt also wurde Faraday mit 22 Jahren Vorlesungsassistent, und hat ihr seine Kräfte sein ganzes Leben hindurch aufs eifrigste gewidmet. Ihm und Davy verdankt man, daß die Anstalt über die ersten Jahre ihres Bestehens glücklich hinwegkam, in denen sie öfters einzugehen drohte. Faraday befand sich kaum ein halbes Jahr in seiner neuen Stelle, als ihn Davy, der offenbar mit ihm außerordentlich zufrieden gewesen sein muß, als Assistent auf eine größere Reise durch die Hauptstädte Europas bis nach Neapel mitnahm. Faraday, der bisher aus London nicht hinausgekommen war, nahm in seiner ihm eigenen lebhaften temperamentvollen Art mit Entzücken die Eindrücke in sich auf, die auf dieser Reise auf ihn einstürmten. Auf dieser Reise hatte er als ständiger Begleiter

Digitized by Google

Davys das Glück, viele der hervorragendsten Chemiker und Physiker seiner Zeit persönlich kennen zu lernen, u. a. Ampère, Arago, Gay-Lussac, Dumas, Volta, Biot, de Saussure; mit manchem von ihnen verknüpfte ihn bald eine dauernde Freundschaft.

Nach der Rückkehr von der etwa ein Jahr dauernden Reise trat er wieder seine frühere Stellung in der Royal Institution an, wo er seine Pflichten aufs eifrigste erfüllte. Namentlich war er unermüdlich in der Unterstützung bei den Versuchen seines Gönners Davy, der Faraday immer mehr schätzen lernte.

Allmählich fing er auch selbst mit eigenen wissenschaftlichen Forschungen an, und veröffentlichte seit 1816 eine Reihe kleiner Abhandlungen aus den verschiedensten Gebieten der Physik und Chemie; auch begann er nun, öffentliche Vorträge über Chemie zu halten. Wie streng er es hierbei mit seiner Pflicht nahm, erhellt daraus, daß er hierfür einen für seine Verhältnisse sehr kostspieligen Kursus in der Rednerkunst nahm, von dem er sich sogar eine ausführliche Niederschrift anfertigte, ein Beispiel der Gründlichkeit, mit der er jede Sache anpackte.

In das Jahr 1821 fällt seine Verheiratung mit Sarah Barnard, der Tochter eines Silberschmiedes, eines der „Ältesten", aus der Gemeinde der Sandmanianer. Es war eine überaus glückliche Ehe. Unter der Zusammenstellung der amtlichen Papiere, Ehrendiplome usw., die Faraday sich angelegt hatte, fand sich ein Zettel von Faradays Hand folgenden Inhalts:

25. Januar 1847. Zwischen alle diese Erinnerungen und Begebenheiten schalte ich hier das Datum eines Ereignisses ein, welches als Quelle von Ehre und Glück für mich alle anderen weit übertrifft. Wir heirateten am 12. Juni 1821. M. Faraday.

Seine Freunde können nicht genug die Innigkeit dieses Ehebundes rühmen und bewundern. Tyndall schreibt darüber: „Nie, glaube ich, gab es eine männlichere, reinere und beständigere Liebe. Gleich einem brennenden Diamanten fuhr sie 46 Jahre lang fort, ihre weiße rauchlose Glut auszustrahlen."

Kurz nach seiner Verheiratung trat Faraday in die Gemeinde der Sandmanianer ein, der seine Frau angehörte, und blieb ihr bis zu seinem Tode ein treues werktätiges Mitglied. Das junge Paar erhielt die Erlaubnis, seine Wohnung in den Räumen der Royal Society aufzuschlagen, die sie dann 46 Jahre lang innehatten.

In dem Jahr seiner Verheiratung beginnt die Reihe der großen Arbeiten, die Faraday zum ersten Physiker seiner Zeit machten.

Digitized by Google

Das Schwergewicht aller seiner Arbeiten und Entdeckungen liegt, sowohl der Ausdehnung wie der inneren Bedeutung nach, auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus.

Um diese im Zusammenhang besprechen zu können, wollen wir zuvor einen Blick auf die wichtigsten seiner Arbeiten in den anderen Gebieten der Physik sowie der Chemie werfen. Sie schließen sich zunächst begreiflicherweise an die Untersuchungen an, mit denen er sich als Assistent von Davy zu beschäftigen hatte, und sind wohl meist auf dessen Anregung hin entstanden.

Unter diese ist vor allen Dingen die Verflüssigung des Chlorgases, sowie einige anderer Gase zu rechnen, die man bis dahin als sogenannte permanente Gase bezeichnet hatte, d. h. als Substanzen, zu deren Wesen es gehören sollte, das sie stets als Gase, niemals als Flüssigkeiten, auftreten können.

Faraday zeigte, daß eine Reihe dieser sogenannten permanenten Gase durch hohen Druck, der in verschlossenen Röhren entweder durch Erhitzung oder durch Kompression erzeugt werden kann, verflüssigt werden können. Diese für die Ansichten über die Eigenschaften der Materie wichtigen Versuche lehrten vor allen Dingen, daß im Gegensatz zu der damals herrschenden Ansicht die permanenten Gase nicht wesensverschieden sind von Dämpfen von Flüssigkeiten, sondern, daß hier nur ein gradueller, kein wesentlicher Unterschied besteht.

An die erste dieser Verflüssigungen, diejenige des Chlors, die Faraday auf direkte Anregung von Davy vornahm, knüpft sich eine amüsante kleine Erzählung. Ein Freund von Davy, Dr. Paris, war zufällig bei dem ersten Versuch zugegen, bei dem sich das Chlor in der Glasröhre als ölige Flüssigkeit absetzte, und tadelte Faraday, daß er mit unsauberen fettigen Glasröhren arbeite. Faraday stellte noch an demselben Tage fest, daß er es bei seinem Versuch mit flüssigem Chlor zu tun gehabt hatte, und schrieb an Dr. Paris ein lakonisches Billet: Geehrter Herr! Das Öl, welches Sie gestern bemerkten, war nichts anderes als flüssiges Chlor.

Ihr ergebener M. Faraday.

Kurz darauf machte Faraday eine weitere wichtige Entdeckung, nämlich die Auffindung des Benzols, das in der Folge das Ausgangsmaterial für eine große Reihe der wichtigsten auch praktisch wertvollen chemischen Verbindungen geworden ist.

In den Jahren 1825—1830 war Faraday als Mitglied einer Kommission tätig, die von der Royal Society zur Auffindung neuer

Digitized by Google

für die Zwecke der Optik besonders geeigneter Glassorten eingesetzt war.

Außer Faraday gehörten ihr noch Herschel und Dollond an. Faraday, dem hierbei hauptsächlich der chemische Teil zugedacht war, widmete sich dieser Aufgabe mit unermüdlichem Eifer, und trug ein großes Material von wertvollen Beobachtungen und Schmelzmethoden zusammen. Wenn auch der schließliche sichtbare Erfolg nicht im Einklang mit der großen auf diese zeitraubenden Versuche verwendeten Mühe stand, so sind sie doch insofern von unschätzbarem Werte geworden, als er dabei dasjenige Glas herstellte, an dem er später eine seiner glänzendsten Entdeckungen machte, die der magnetischen Drehung der Polarisationsebene des Lichtes.

Bis 1825 war er nominell Assistent von Davy und Brandl. In diesem Jahre wurde er zum Direktor des Laboratoriums der Royal Institution ernannt. In unveränderter Treue widmete er ihr fortan seine Dienste bis an sein Lebensende. Trotz der im Vergleich zu seinen Leistungen geradezu kläglichen Besoldung lehnte er 1827 einen Ruf als Professor der Chemie an der Universität London ab, mit der ausdrücklichen Begründung, daß er seine Tätigkeit weiter der Royal Institution widmen wolle, in dankbarer Erinnerung des Schutzes, den sie ihm bisher in seinem Leben gewährt habe und der Quelle hohen Glückes, die sie ihm geworden sei, indem sie ihm die Zeit und Mittel zur Ausführung seiner wissenschaftlichen Untersuchungen in reichem Maße gewähre. An diesen hing er mit solcher Leidenschaft und Begeisterung, daß er 1830 sogar die Ausführung von Analysen, die er teils im Privatauftrag, teils als Sachverständiger ausführte, und die so ausgezeichnet honoriert wurden, daß er in Kürze dadurch großen Reichtum hätte erwerben können, ganz aufgab, um sich vollständig seinen geliebten Versuchen widmen zu können, wenn er dafür auch weiterhin auf das minimale Jahreseinkommen von 100 Pfund sich beschränkt sah. Mit diesem Jahre beginnt denn auch die glänzende Reihe seiner Experimentaluntersuchungen über Elektrizität, die ihn von Entdeckung zu Entdeckung führten.

Den Ausgangspunkt bildet die Auffindung des engen zwischen Elektrizität und Magnetismus bestehenden Zusammenhanges durch Örstedt im Jahre 1820. Örstedt fand, daß ein Magnetpol, der sich in der Nähe eines elektrischen Stromes befindet, einen Bewegungsantrieb erfährt, und zwar senkrecht zu der durch den Stromleiter und den Pol gehenden Ebene. Durch diese Entdeckung wurde eine innige Wechselbeziehung zwischen zwei Naturerscheinungen, den

Digitized by Google

elektrischen und den magnetischen, aufgedeckt, die vorher gänzlich zusammenhanglos erschienen. „Sie hat", wie Faraday sagt, „die Tore zu einem wissenschaftlichen Reiche gesprengt, das bis dahin in tiefem Dunkel lag, und hat es mit einer Flut von Licht erfüllt."

Setzte die Tatsache der Existenz dieser Kraft schon an und für sich die ganze gelehrte Welt in Erstaunen, so war die eigentümliche Richtung dieser Kraft fast noch merkwürdiger. Gegenüber der Art von Fernwirkungskraft, die man aus dem Newtonschen Gravitationsgesetz sowie dem Coulombschen Gesetz der Wirkung ruhender Elektrizitäts- bez. Magnetismusmengen auf einander gewohnt war, nämlich in Richtung der Verbindungslinie der beiden bestimmenden Stücke, trat hier eine dazu senkrecht gerichtete Kraft auf, für die es nirgends ein Analogon gab.

1821, ein Jahr nach Örstedts Entdeckung der Drehung eines Magnetpols um einen gradlinigen Leiter, gelang ihm der Nachweis des inversen Effekts, der nach dem Prinzip von actio und reactio zu erwarten war, nämlich der Rotation eines Stromleiters um einen feststehenden Magnet.

War dieser Versuch auch wesentlich nur eine andere Seite des Örstedtschen Fundamentalversuches, so war doch die Feststellung dieser Umkehrung des Phänomens von großer Wichtigkeit. Eine besondere Bedeutung haben diese Drehungen von Stromleitern im Magnetfelde neuerdings dadurch erlangt, daß auf dieses Prinzip empfindliche, von äußeren störenden magnetischen Einflüssen unabhängige und viel benutzte Galvanometer konstruiert sind. Doch war diese Entdeckung gewissermaßen nur der Auftakt zu einer noch ungleich bedeutenderen, ja man muß wohl sagen, der glänzendsten, überraschendsten Entdeckung unter den vielen, die wir Faradays Scharfsinn verdanken, die Auffindung der Magnetoinduktion.

Örstedt hatte gezeigt, daß ein elektrischer Strom magnetische Kräfte um sich herum erzeugt. Bis dahin war man zur Erzeugung von magnetischen Kräften auf die in der Natur vorkommenden Magnetsteine angewiesen, oder auf Stahlstücke, die durch Streichen mit einem natürlichen Magneten magnetisiert waren. Nun zeigte sich, daß man zur Erzeugung von Magnetismus nicht auf die natürlichen Magnete allein angewiesen war, sondern daß man auch magnetische Kräfte allein aus Elektrizität gewinnen kann. Von einem wunderbaren Instinkt geleitet sucht nun Faraday nach einer Erscheinung, welche die Umkehrung dieser Erzeugung von Magnetismus durch Elektrizität darstellt. Er war überzeugt, daß es etwas

Digitized by Google

derartiges geben müsse. Mit eiserner Konsequenz verfolgte er diesen Gedanken. Aber es bedurfte zehnjährigen rastlosen Bemühens, ehe seine Arbeit von Erfolg gekrönt war und er zum erstenmal einen induzierten elektrischen Strom erhielt. Wir sind durch außerordentlich genaue und ausführliche Notizen in Faradays Tagebüchern sehr eingehend über die Entstehungsgeschichte dieser denkwürdigen Entdeckung unterrichtet. Faraday hatte die Gewohnheit, gelegentliche Einfälle, auftauchende Probleme und Fragen zu notieren. Und so findet sich schon im Jahre 1822 in seinem Notizbuch die Bemerkung: „Verwandle Magnetismus in Elektrizität".

Man wußte, daß ein von einem elektrischen Strom spiralig umflossener Eisenstab magnetisch wird. Wie kann man das Gegenstück hierzu erreichen? Wie erzeugt man einen elektrischen Strom, wenn ein Magnet gegeben ist?

Auf dieses Problem konzentriert sich nun sein ganzes Denken. Man erzählt, daß er stets ein kleines Modell eines Elektromagneten in der Tasche trug, ein etwa ein Zoll langes Eisenstäbchen von einigen Kupferdrahtwindungen spiralig umgeben; in unbeschäftigten Augenblicken habe er es aus der Tasche genommen und betrachtet. Eine innere Stimme sagte ihm, es müsse ein verwandtes Phänomen geben, bei dem Elektrizität aus Magnetismus erzeugt wird. Immer wieder stellt er neue Versuche dazu an, ersinnt neue Kombinationen, über die in seinen Tagebüchern dann stets mit dem Vermerk: „Kein Erfolg" berichtet wird. Endlich, nach zehnjähriger Mühe, ist die gesuchte Erscheinung gefunden. Im August 1831 erhält er den ersten Induktionsstrom, und es bedurfte nun nur einer Arbeit von 10 Tagen, um alle 10 Jahre lang gesuchten Erscheinungen vollständig einwandfrei experimentell zu erledigen.

Es sind alle die Erscheinungen und Versuche, die auch heute noch als Fundamentalversuche im Unterricht bei der Besprechung der Induktionserscheinungen an die Spitze gestellt werden. Faraday gab den neuen Erscheinungen die auch noch heute vielfach üblichen Bezeichnungen Magnetoinduktion und Voltainduktion.

In der Tat waren die Erscheinungen, die Faraday stets vorgeschwebt hatten, von ganz eigentümlicher Art, wie sie von vornherein schwer auszudenken oder zu ahnen waren.

Es zeigte sich nämlich erstens, daß ein elektrischer Strom in einem geschlossenen Leitungsdraht entsteht in dem Moment, in dem in einem ihm nahen aber doch von ihm räumlich getrennten zweiten Leitungsdraht ein elektrischer Strom geschlossen oder aber geöffnet

Digitized by Google

wird, oder auch, wenn dieser Strom verstärkt oder geschwächt, genähert oder entfernt wird. Und zwar ist der erregte, induzierte Strom dem ersten entgegengesetzt gerichtet, wenn der induzierende Strom geschlossen, verstärkt oder genähert wird; gleichgerichtet in den andern Fällen.

Dies nannte Faraday Voltainduktion.

Ihr entsprechen die Erscheinungen der Magnetoinduktion: Nähert oder entfernt man einen Magneten einer geschlossenen Leitung, so entsteht in ihr im Moment der Näherung oder Entfernung ein induzierter Strom, und zwar ist wieder die Richtung des induzierten Stromes beim Nähern des Magneten entgegengesetzt derjenigen beim Entfernen.

Es muß für Faraday ein Augenblick der reinsten Freude, ein erhebender Moment gewesen sein, als ihm das Zucken der Magnetnadel zum ersten Male den Induktionsstrom anzeigte.

An Wichtigkeit für die Erkenntnis sind die Entdeckungen des Elektromagnetismus und der Induktion einander gleichwertig. Diese beiden Erscheinungen sind die Grundpfeiler der Lehre der elektrischen und magnetischen Erscheinungen bis heute. Die enge Verkettung von Magnetismus und Elektrizität wird durch sie dargestellt. Dieser enge Zusammenhang ist uns heute so geläufig, daß er uns nicht mehr als etwas Besonderes erscheint. Zur Zeit ihrer Auffindung mußte sie aber notwendig ein Aufsehen machen, wie es etwa heutzutage Versuche machen würden, die einen innigen Zusammenhang von elektrischen Strömen mit den Gravitationserscheinungen aufdecken, die ja bis heute noch vollständig ohne jede Verbindung mit allen andern Erscheinungen dastehen.

Geschichtlich ist aber die Entdeckung der Induktion durch Faraday gegenüber derjenigen des Elektromagnetismus, die einer zufälligen Beobachtung zu danken ist, so interessant, weil sie die Krönung zielbewußter Versuche war.

In den folgenden Jahren baute Faraday seine Entdeckung noch weiter aus. Er zeigte, daß auch der Erdmagnetismus allein genüge, um induzierte Ströme zu erzeugen. Ferner konstruierte er kleine Apparate, durch die mittels Rotation von Stromleitern zwischen festen Magnetpolen fortgesetzt elektrische Ströme hervorgebracht wurden — die ersten Dynamomaschinen. Er zeigte auch, daß der sogenannte Rotationsmagnetismus Aragos ganz eine Folge induzierter Ströme ist. Es ist dies die von Arago 1824 beobachtete merkwürdige Erscheinung, daß eine Magnetnadel in Rotation ver-

Digitized by Google

setzt wird, wenn sich dicht unter ihr eine Metallscheibe in drehender Bewegung befindet. Arago hatte dies als eine neue Art, magnetische Kräfte hervorzubringen, als Rotationsmagnetismus gedeutet. Faraday konnte nun zeigen, daß hier nur die elektromagnetische Wirkung der durch die Rotation in der Metallscheibe in der Nähe des Magnetpols der induzierten elektrischen Ströme auf die Magnetnadel vorliegt, daß also ein eigentlicher Rotationsmagnetismus nicht existiert.

Auch baute er Apparate, die im wesentlichen unseren heutigen Induktoren und Transformatoren gleichen, und es gelang ihm zu seiner großen Genugtuung, hiermit glänzende Funken an den einander nahegebrachten Enden der induzierten Spule zu erhalten. Nach einigen vergeblichen Bemühungen gelang es ihm auch zu zeigen, daß ein induzierter Strom ebenso wie ein gewöhnlicher einem Element entnommener elektrischer Strom imstande ist, Wasser zu zersetzen. Es war ihm dies besonders wertvoll zur Stützung seiner Behauptung, daß ein Induktionsstrom sich in nichts von einem auf anderem Wege erzeugten elektrischen Strom unterscheide. Diese Versuche führten ihn weiter zu eingehendem Studium der elektrolytischen Erscheinungen. Wie in allem, was er angriff, sollte er auch hier bahnbrechend wirken. Ihm verdankt man zunächst eine präzise Nomenklatur, die so glücklich gewählt war, daß sie bis heute unverändert beibehalten wird. Den Vorgang selbst nennt er Elektrolyse, den zersetzten Stoff Elektrolyt. Die Eintritts- bez. Austrittsfläche des elektrolysierenden Stromes bezeichnet er als Anode, bez. Kathode. Die Teilstücke der Moleküle, die an den Elektroden erscheinen, heißen Jonen (die wandernden), und zwar die an die Anode gehenden Spaltungsstücke Anionen, die an die Kathode wandernden Kationen.

In diesen Namen ist seine Überzeugung ausgedrückt, daß die Spaltungsstücke der Moleküle nicht, wie man bis dahin meist annahm, erst an den Elektroden gebildet werden, sondern daß sie innerhalb des ganzen Elektrolyten vorhanden sind und durch ihn hindurch zu den betreffenden Elektroden „wandern".

Bewährter naturwissenschaftlicher Methode getreu förderte nun Faraday die Kenntnis der Elektrolyse dadurch, daß er in mühevoller Arbeit zunächst das Zahlenmäßige, Quantitative der Erscheinungen, das „Wie" des Vorganges durch genaue Analyse der an den Elektroden sich abscheidenden Produkte nachwies. Diese führten ihn zu den beiden nach ihm benannten Grundgesetzen der Elektrolyse:

Digitized by Google

1. Die in demselben Elektrolyten abgeschiedenen Mengen sind proportional dem Produkt aus Stromstärke und Zeit des Stromdurchganges, also der insgesamt hindurchgegangenen Elektrizitätsmenge.
2. Die von demselben Strom in verschiedenen Elektrolyten abgeschiedenen Mengen stehen in denselben Gewichtsverhältnissen, in denen sie sich zu chemischen Verbindungen vereinigen.

Diese beiden Gesetze sind das Fundament zu der Lehre von der Elektrolyse, die heute bereits so außerordentlich weit gefördert ist. Wenn auch Faraday nicht das volle Verständnis der Einzelheiten des ganzen Mechanismus der elektrolytischen Stromleitung möglich war, so ist es doch erstaunlich, wie nahe seine Vermutungen den Ansichten kommen, die sich allmählich hierüber entwickelt haben. So schreibt er: „Wenn wir die Atomtheorie annehmen oder deren Ausdrucksweise annehmen, so haben die Atome von Körpern, welche einander äquivalent in bezug auf ihre gewöhnliche chemische Wirkung sind, gleiche Mengen von Elektrizität, die von Natur mit ihnen verbunden sind." Man sieht, wie nahe diese Äußerung der heutigen Lehre von den elektrischen Elementarquanten bereits kommt.

Hatte Faraday durch die Entdeckung der Induktion und der Gesetze der Elektrolyse der Wissenschaft neue Gebiete und ungeahnte Tatsachen erschlossen, die sich aber doch noch einigermaßen in dem Rahmen von bereits bekannten Erscheinungen hielten und dem Vorstellungsvermögen trotz der Neuheit ihrer Erscheinungsformen keine erheblichen Schwierigkeiten boten, so ging nun in den folgenden Jahren seine rastlose Phantasie, sein wunderbares Ahnungsvermögen weit über die Köpfe seiner Zeitgenossen hinweg, und bot ihnen sowohl in Spekulation und Hypothesen, wie in Tatsachen unerhört Neues, von dem ein großer Teil in seiner vollen Bedeutung erst Jahrzehnte später voll gewürdigt werden konnte. Wer sich über die im folgenden nur kurz skizzierten Vorstellungen Faradays und ihre weitere Entwicklung näher informieren will, sei verwiesen auf F. Richarz, Neuere Fortschritte der Elektrizitätslehre, 2. Aufl., B. G. Teubner, Leipzig.

Diese neuen Faradayschen Vorstellungen knüpfen zunächst an die Entdeckung der induzierten Ströme an, als Faraday sich bemühte, das quantitative Gesetz der neuen Erscheinung der Magneto- und der Voltainduktion anzugeben, und ferner noch weiter in das Wesen dieser Erscheinung einzudringen. Ihm dienten hierbei die magnetischen „Kraftlinien" als wesentliches Hilfsmittel, jene Linien

Digitized by Google

die einen Magnetpol umgeben und deren Gestalt in bekannter Weise sichtbar gemacht werden kann, wenn man auf ein Papier, auf dem der Magnet liegt, Eisenfeilspäne aufstreut. Faraday zeigte, daß für die Größe der in einer Drahtschleife bei ihrer Bewegung in der Nähe des Magneten induzierten elektromotorischen Kraft maßgebend ist, mit welcher Geschwindigkeit sich bei der Bewegung die Anzahl der die Fläche des Leiters durchsetzenden Kraftlinien ändert. Fand diese Fassung des Induktionsgesetzes, die heute noch die präziseste und zugleich anschaulichste genannt werden muß, schon an und für sich viele Gegner, weil diese Anzahl nicht genau angegeben werden konnte, ein Mangel, der allerdings zunächst bestand, aber später leicht beseitigt wurde, so fand Faraday nicht das geringste Verständnis, als er nun dazu überging, den Kraftlinien, die bis dahin nichts als fiktive für die Rechnung und Anschauung leidlich brauchbare Gebilde waren, eine ganz besondere Bedeutung beizumessen, indem er ihnen reale Existenz zuschrieb. Faraday war zu der Erkenntnis gelangt, daß längs ihrer Bahn das einen Magneten oder eine Stromspule umgebende Medium sich in einem von dem normalen gänzlich abweichenden Zustande befinde, dessen Bestehen das Wesentliche an dem Magneten bez. der Stromspule sein sollte. Ebenso sollte auch ein elektrisierter Körper in seiner ganzen Umgebung einen eigentümlichen Zwangszustand hervorrufen. Das umgebende Medium sollte nicht, wie man früher annahm, bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen gänzlich unbeteiligt sein, sondern der veränderte Zustand, in den es gelangt ist, soll die wesentliche Rolle spielen, namentlich z. B. bei den Kräften, mit denen sich zwei elektrische Körper oder zwei Magnete gegenseitig beeinflussen, oder mit der ein elektrischer Strom einen Magneten ablenkt. In Analogie zu der Gravitation war man gewohnt, diese Kräfte als reine Fernkräfte aufzufassen, die unvermittelt von einem Körper durch den umgebenden Raum hindurch auf den zweiten wirkten. Faraday war die Vorstellung einer solchen Fernkraft etwas durchaus Unsympathisches, unmöglich Scheinendes. Er konnte sich nicht anders denken, als daß diese Kräfte durch Vermittlung des Zwischenmediums von einem Körper auf den andern übertragen würden vermöge einer Zustandsänderung, die dieses erleidet.

Wie richtig seine feste Vermutung von dem großen Einfluß des Zwischenmediums war, zeigte er sehr bald (1837) durch eine Entdeckung, die der Auffindung der Induktionsströme durchaus eben-

Digitized by Google

bürtig war, wenn sie äußerlich auch nicht direkt so glänzend erschien und ihr eine praktische Verwendbarkeit abging. Er wies nämlich nach, daß ein aus zwei konzentrischen Kugelschalen bestehender elektrischer Kondensator ganz verschieden großer elektrischer Ladungen bedarf, um zu derselben Spannung geladen zu werden, je nach dem Medium, mit dem man den Zwischenraum ausfüllt. Das Verhältnis der beiden Ladungen, einmal bei dem betreffenden Medium, einmal mit Luft, nannte er spezifische Induktionskapazität; heute als Dielektrizitätskonstante bezeichnet. Um auszudrücken, wie wesentlich das einen elektrischen Körper umgebende Medium ist, bezeichnet er es als Dielektrikum und man nennt den Zwangszustand, in dem es sich befindet, wenn es einen elektrischen Körper umgibt, dielektrische Polarisation. Analoges gilt für die Umgebung eines Magneten oder eines elektrischen Stromes.

Nach einigen Jahren, die teils der Ruhe gewidmet waren, deren er nach den intensiven Anstrengungen dringend bedurfte, teils mit öffentlichen Vorträgen, Arbeiten für Leuchttürme und dergleichen ausgefüllt waren, überraschte er 1847 die Welt mit einer neuen Entdeckung, die vielleicht den weitesten Vorstoß darstellt, den Faraday in der Aufdeckung des Zusammenhanges der Naturerscheinungen miteinander gemacht hat. Es ist bekannt, daß das Licht in Transversalschwingungen des Äthers besteht. Die Schwingungen erfolgen immer senkrecht zum Strahl, aber für gewöhnlich in dieser Ebene in allen möglichen Richtungen in unregelmäßiger Weise. Durch besondere Mittel kann man es erreichen, daß die Schwingungen nicht unregelmäßig in allen möglichen Richtungen erfolgen, sondern nur in einer ganz bestimmten durch den Strahl gelegten Ebene. Solches Licht heißt polarisiert. Faraday fand nun die wunderbare Tatsache, daß diese Ebene ihre Richtung ändert, gedreht wird, wenn das polarisierte Licht längs magnetischen Kraftlinien, also etwa in der Längsdurchbohrung eines Elektromagneten sich fortpflanzt.

Es ist dies einer der merkwürdigsten Versuche, die jemals angestellt sind. Jemand, der nicht die erstaunliche ans wunderbare grenzende Divinationsgabe Faradays besaß, wäre wohl niemals auch nur flüchtig auf den Gedanken eines solchen Versuches gekommen, geschweige denn zu dem Mute, ihn wirklich auszuführen.

Für Faraday war aber das Gelingen dieses Versuches nur die Bestätigung eines innigen Zusammenhanges von Licht und elektromagnetischen Vorgängen, den er schon lange geahnt, zu dessen An-

Digitized by Google

nahme ihn seine intensive langjährige Beschäftigung mit den Erscheinungen der Elektrizität geführt hatte. Schon am 10. September 1821 trägt er folgendes in sein Notizbuch ein: „Ich polarisierte einen Strahl von Lampenlicht durch Reflexion und strebte danach, mich zu vergewissern, ob irgend eine depolarisierende Wirkung auf den Strahl durch Wasser ausgeübt würde, welches sich zwischen den Polen einer Voltabatterie . . . befand." Es ergab sich kein Erfolg. Die tiefere Erklärung der von Faraday gefundenen Drehung der Polarisationsebene des Lichtes im Magnetfelde konnte erst lange nach seinem Tode gegeben werden. Um so bewundernswerter ist die Kühnheit und Sicherheit der Faradayschen Vorstellungen und Ahnungen von Zusammenhängen zwischen scheinbar ganz getrennten Naturerscheinungen. Es ist unzweifelhaft, daß er eine Vorahnung von der Gedankenreihe gehabt, die heute als Schlußstein des Gebäudes dasteht, zu dem Faraday die Fundamente gelegt hat, der von Maxwell begründeten elektromagnetischen Lichttheorie.

Diese Vorahnungen der elektromagnetischen Lichttheorie, die behauptet, daß Lichtstrahlen nichts anderes sind als wellenförmig sich ausbreitende elektrische und magnetische Schwingungen, sind enthalten in einer kurzen Abhandlung vom Jahre 1846: „Gedanken über Strahlenschwingungen".

Bemerkenswert ist, wie schon angegeben, daß die Substanz, an der Faraday die magnetische Drehung der Polarisationsebene fand, eines jener Gläser war, deren Herstellung er in staatlichem Auftrag so viele Jahre hindurch seine kostbare Zeit ohne nennenswerten Erfolg geopfert hatte. So hatte doch am Ende diese Mühe kostbare Früchte gezeitigt.

Es vergingen kaum drei Monate nach der Entdeckung der magnetischen Drehung der Polarisationsebene, als Faraday noch Ende des Jahres 1845 von einer neuen wichtigen Entdeckung berichten konnte, nämlich des Diamagnetismus. Er fand, daß es eine ganze Reihe von Substanzen gibt, die, in Stabform zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten gehängt, nicht wie Eisen sich in die Richtung der Verbindungslinie der beiden Pole, sondern senkrecht dazu einstellen. Als besonders kräftig diamagnetisch erwies sich Wismut. Es tut der Größe von Faradays Entdeckung keinen Abbruch, daß sich herausstellte, daß diese Eigenschaft bei Wismut gelegentlich schon früher bemerkt war. Es bleibt Faradays Verdienst, gezeigt zu haben, daß alle Substanzen in die beiden großen Klassen

Digitized by Google

der paramagnetischen und der diamagnetischen Körper eingeteilt werden können: die ersteren stellen sich in die Richtung der Verbindungslinie der Pole eines Magneten, die letzteren senkrecht dazu. Zur Erkenntnis des inneren Grundes dieses merkwürdigen Unterschiedes sind erst jetzt Ansätze vorhanden.

Noch manches Jahr war Faraday seitdem wissenschaftlich tätig; doch kommt das, was er seit jener Zeit noch geschaffen und gefunden hat, an Bedeutung nicht mehr seinen geschilderten großen Entdeckungen gleich, so interessant und geistvoll auch manches davon ist.

Seine glänzenden Entdeckungen brachten ihm Ehren über Ehren ein. Die gelehrten Gesellschaften fast aller Länder ernannten ihn zu ihrem Ehrenmitglied; man wetteiferte darin, ihm die allgemeine Verehrung der ganzen wissenschaftlichen Welt zu zeigen. Ja, die größte Ehrenbezeigung, die überhaupt einem Gelehrten zuteil werden konnte, wollte man ihm erweisen. Man wählte ihn 1857 zum Präsidenten der Royal Society, auf den Platz, den einst Newton innehatte. Er fühlte sich aber den Verpflichtungen, die mit diesem Amt verbunden waren, körperlich nicht mehr gewachsen, und lehnte ab.

Die großen geistigen Anstrengungen, denen er sich unterzogen hatte, machten sich fühlbar. Es traten Zeiten großer Schwäche und Abspannung auf, die er durch längere Reisen wieder zu heben versuchte. Doch die Anfälle wiederholten sich. Immer längere Erholungspausen mußte sich der tatkräftige, nur in der Arbeit lebende Mann auferlegen. Ein Amt nach dem andern mußte er allmählich aufgeben. 1861 legte er, 70 Jahre alt, seine Professur nieder.

Am 20. Juni 1862 hielt er zum letzten Male seine berühmte Freitag-Abendvorlesung in der Royal Institution. In den folgenden Jahren schwanden die Kräfte immer mehr. Langsam trat der gänzliche Verfall seines Körpers ein. Am 26. August 1867 verschied er schmerzlos. Wie es die Sitte seiner religiösen Gemeinde vorschrieb, erfolgte die Beerdigung in aller Stille.

Er hatte nie nach äußeren Ehren gestrebt; sein größtes Glück fand er in der stillen Arbeit an dem Fortschritt der Wissenschaft. Sie erfüllte sein Leben ganz und gar. Für die Fülle seiner Lebensarbeit haben wir das beste Zeugnis in seinem sorgfältigen, von ihm selbst gebundenen ausführlichen Laboratoriumstagebuch, das mehrere Bände umfaßt und in fortlaufende Paragraphen abgeteilt ist.

Unter diesen sind die mit negativem Erfolg ausgeführten zum Teil ebenso interessant als diejenigen, die ihn zu seinen großen Ent-

Digitized by Google

deckungen führten. So hat er eine große Menge von Versuchen angestellt, die das Ziel hatten, eine gegenseitige Beeinflussung von Schwerkraft und Elektrizität aufzufinden, an deren Vorhandensein er felsenfest glaubt. Am Schlusse der Aufzählung dieser Versuche sagt er:

„Hier enden vorläufig meine Versuche. Die Resultate sind negativ. Sie erschüttern aber das starke Gefühl in mir nicht, daß eine Beziehung zwischen Schwerkraft und Elektrizität vorhanden ist, obgleich die Experimente bis jetzt nicht bewiesen haben, daß es so ist." Bis heute hat ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen werden können — und doch hat wohl jetzt im stillen jeder Physiker die Überzeugung, daß Faraday einst recht behalten wird!

Von ganz besonderem Interesse unter allen diesen negativen Experimenten ist der allerletzte Versuch, der in Faradays Notizbuch verzeichnet ist. Er ist am 12. März 1862 angestellt. Faraday brachte einen Lichtstrahl zwischen die Pole eines Elektromagneten und untersuchte mit einem Spektroskop das Licht darauf hin, ob sich seine spektrale Zusammensetzung bei Erregung des Magneten änderte. „Nicht die leiseste Wirkung auf den polarisierten oder depolarisierten Strahl wurde wahrgenommen".

Derselbe Versuch wurde mit den vollkommeneren Hilfsmitteln, die dem Forscher heut zu Gebote stehen, 1897 von Zeeman mit vollem Erfolge wiederholt, und Faradays Ahnung glänzend bestätigt. Dieser Versuch ist nächst den Hertzschen Versuchen wohl der schönste, den gegenwärtig die Physik zum Nachweis der engen Beziehungen zwischen Optik und Elektrizität kennt.

Zu der Verehrung, die ihm die wissenschaftliche Welt darbrachte, gesellte sich eine innige Zuneigung aller, die das Glück hatten, mit ihm in nähere Berührung zu kommen. Es muß von seiner Persönlichkeit ein ganz eigenartiger Zauber ausgegangen sein. Alle die ihn persönlich kennen lernten, sind entzückt von der Einfachheit seines Auftretens, der Herzlichkeit und Freundlichkeit, die er im Umgange mit anderen entfaltete. Helmholtz berichtet von seinem ersten Zusammentreffen mit ihm: „Das waren für mich große und angenehme Augenblicke. Er ist einfach, liebenswürdig und anspruchslos wie ein Kind; ein so herzgewinnendes Wesen habe ich in einem Manne noch nie gesehen".

Im Gegensatz zu seinem großen Landsmann Newton, der sich stets mit einer gewissen zurückhaltenden Würde umgab, die ihm etwas Unnahbares verlieh, gab sich Faraday stets vollkommen natür-



Digitized by Google

lich, und riß mit der Lebhaftigkeit seines Körpers und Geistes seine Zuhörer mit sich fort, sie begeisternd für die Erscheinungen, deren Studium er sein ganzes Leben widmete. Die Raschheit und das Ungestüm seiner Bewegungen gaben ihm bis ins Alter etwas Jugendliches, Knabenhaftes. Dazu kam eine natürlich ungekünstelte, stets klare und wohldisponierte Ausdrucksweise, die ihn zu einem Meister der Vortragskunst machte. Seine öffentlichen Vorträge wurden als ideal in jeder Beziehung gerühmt. Er verstand es, sich ganz dem Bildungs- und Verständnisgrad seiner Zuhörer anzupassen, sei es, daß er vor einer gelehrten Gesellschaft vortrug, oder eine jener berühmt gewordenen Vorlesungen vor Kindern hielt, die ihm eine Quelle ganz besonderer Freude waren und das beste Zeichen für sein kindlich liebenswürdiges heiteres Gemüt sind. Eine jener Vorlesungen Faradays vor Kindern ist veröffentlicht unter dem Titel: „Naturgeschichte einer Kerze".

Faradays Werk wurde in würdiger Weise in seinem Heimatland von Maxwell fortgesetzt, der die neuen Vorstellungen, die Faraday in die Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität einführte, in die den Fachleuten geläufige mathematische Formelsprache brachte und damit dem allgemeinen Verständnis erschloß. Nur zögernd allerdings und oft fast widerwillig wurden die neuen Lehren und Vorstellungen aufgenommen, namentlich auf dem Kontinent. Aber gerade von hier aus, von Deutschland, gingen aus den Händen des genialen Hertz die Versuche hervor, die endgültig die Entscheidung zugunsten der neuen Faraday-Maxwellschen Anschauung gegeben haben. Weder Faraday noch Maxwell selbst haben freilich diesen Triumph noch erleben dürfen. Die moderne Elektrizitätslehre ruht ganz auf dem Fundament, das Faradays Genie errichtet hat. In der Geschichte der Elektrizitätslehre wird sein Name stets als einer ihrer größten Förderer mit Ehrfurcht genannt werden.

## V. Hermann von Helmholtz.

Während die Verdienste der Männer, denen die bisherigen Zeilen gewidmet waren, im wesentlichen auf einem einzigen Wissensgebiet, der Physik, und auch in dieser wiederum fast ausschließlich in einem Teilgebiet dieser Wissenschaft liegen, tritt uns in H. v. Helmholtz ein Naturforscher von einer Universalität entgegen, die stets Bewunderung hervorgerufen hat. Helmholtz hat nicht nur in

Digitized by Google

*Hermann von Helmholtz*

Digitized by Google

Digitized by Google

allen Teilen der Physik Untersuchungen angestellt, auch die Physiologen dürfen ihn mit vollem Recht als einen ihrer hervorragendsten Führer für sich in Anspruch nehmen. Die Medizin verdankt ihm wertvolle Entdeckungen, er hat sich eingehend mit Problemen der Erkenntnistheorie beschäftigt, die Meteorologie verdankt ihm eine mächtige Förderung. Es ist ganz unmöglich, in dem hier gegebenen Rahmen auch nur annähernd sein Lebenswerk erschöpfend darzustellen. Es kann sich nur darum handeln, die Höhepunkte seines Schaffens zu beleuchten.

H. v. Helmholtz ist ein Sohn der Mark. Er wurde am 21. August 1821 in Potsdam als ältester Sohn des Gymnasiallehrers Ferdinand Helmholtz geboren. Die Eltern, die beide mit großer Zärtlichkeit an ihrem etwas schwächlichen stillen Kinde hingen, haben das Glück gehabt, noch den aufsteigenden Ruhm ihres Sohnes zu erleben. Schon früh zeigte sich die Vorliebe des Knaben für die Naturwissenschaften, und nach glänzend bestandenem Abiturientenexamen war es sein Wunsch, sich ganz ihrem Studium zu widmen. Bei den beschränkten Mitteln, die dem Vater zu Gebote standen, war die einzige Möglichkeit, diesen Wunsch zu erfüllen, dadurch gegeben, daß der junge Hermann das Studium der Medizin ergriff. So trat er 1838 als Eleve in das Königl. medizinisch-chirurgische Friedrich Wilhelms-Institut in Berlin ein. Die Verpflichtung, sich so zunächst hauptsächlich mit den organischen Naturwissenschaften zu beschäftigen, die übrigens Helmholtz selbst nie als Zwang empfunden hat, wurde für ihn von besonderer Bedeutung. Sie gab ihm die breite Grundlage in der Beherrschung des gesamten Gebietes der Naturwissenschaften, die ihn befähigte, alle Probleme mit weitem Blick zu umfassen, ein Merkmal aller seiner Arbeiten. Dazu kam die gründliche Beschäftigung mit den sogenannten Geisteswissenschaften vom Gymnasium her, wo er das Glück hatte, von seinem für alles Ideale begeisterten Vater unterrichtet zu werden, der selbst verschiedene philologische, von den Fachgenossen geschätzte Abhandlungen verfaßt hat. So gewissenhaft es Helmholtz auf dem Friedrich Wilhelms-Institut mit dem Studium der Medizin nahm, so fand er doch noch Zeit, seine allgemeine Bildung in für seine späteren Arbeiten höchst bedeutungsvoller Weise durch das Studium der höheren Mathematik, namentlich der Infinitesimalrechnung, zu vervollständigen, wozu er durch die Werke von Euler, Lagrange und anderer großer Mathematiker angeregt wurde, auf die er bei der Ordnung der Bibliothek des Instituts gestoßen war.


Digitized by Google

Unter den damaligen Dozenten an der Universität hatte der Physiologe Johannes Müller den größten Einfluß auf ihn, unter dessen Leitung Helmholtz auch seine erste selbständige Arbeit, zugleich seine Doktor-Dissertation, anfertigte, die dem Gebiete der mikroskopischen Anatomie angehört. Er weist darin nach, daß die Nervenfasern aus den Ganglienzellen entspringen, eine für die Nervenphysiologie wichtige Tatsache. Seine nächste Arbeit betraf die Erscheinungen der Fäulnis und der Gärung, an deren Deutung sich damals ein heftiger Streit zwischen den Anhängern und den Gegnern der vielbesprochenen Annahme einer besonderen „Lebenskraft" knüpfte. Helmholtz' Untersuchung trug nicht unwesentlich zur Klärung der tatsächlichen Vorgänge bei, wenn auch die völlige Lösung der Fragen erst Pasteur zu danken ist. Helmholtz konnte in dieser Arbeit im wesentlichen die Ergebnisse von früheren Untersuchungen verschiedener Forscher, z. B. Spallanzani und Franz Ferdinand Schulze bestätigen, durch die das Nichtbestehen einer sogenannten Urzeugung, generatio aequivoca, nachgewiesen war, d. h. Entstehung von Lebewesen aus toter Materie.

In der Gedankenrichtung steht diese Arbeit über die Erscheinungen der Fäulnis und Gärung schon in inniger Beziehung zu der berühmten Abhandlung „Über die Erhaltung der Kraft", mit der er bald darauf die wissenschaftliche Welt überraschte.

Inwiefern hier eine nahe Gedankenverwandtschaft besteht, hat er selbst am besten in einer im Jahre 1869 bei Gelegenheit der Eröffnung der Naturforscherversammlung gehaltenen Rede mit folgenden Worten dargelegt:

„Mehr oder weniger durch Worte verdeckt war und ist, namentlich außerhalb Deutschlands noch jetzt die Ansicht von Paracelsus, Helmont und Stahl verbreitet, daß eine „Lebensseele" die organischen Vorgänge regiere, die mehr oder weniger ähnlich begabt sei, wie die bewußte Seele des Menschen. Zwar wurde der Einfluß der unorganischen Naturkräfte auch in den Organismen anerkannt, indem man annahm, daß die Lebensseele Macht über die Materie nur mittels der physikalischen und chemischen Kräfte der Materie selbst habe, und also ohne deren Hilfe nichts ausführen könne, daß ihr aber die Fähigkeit zukomme, die Wirksamkeit dieser Kräfte zu binden und zu lösen, je nachdem es ihr gut scheine. Nach dem Tode, nicht mehr gebunden durch den Einfluß der Lebensseele oder Lebenskraft, seien es gerade die chemischen Kräfte der organischen Masse, welche die Fäulnis herbeiführten. Übrigens blieb bei allem Wechsel der

Digitized by Google

Ausdrucksweise, mochte man nun vom Archäus oder von der Anima inscia oder von der Lebenskraft und Naturheilkraft sprechen, die Fähigkeit, den Körper planmäßig aufzubauen und sich zweckmäßig den äußeren Umständen zu akkommodieren, das wesentlichste Attribut dieses hypothetischen regierenden Prinzips der vitalistischen Theorie, für welches, seinen Attributen nach auch nur der Name einer „Seele" wirklich paßte.

Es ist aber klar, daß die genannte Vorstellung dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft direkt widerspricht. Könnte die Lebenskraft die Schwere eines Gewichtes zeitweilig aufheben, so würde dasselbe ohne Arbeit zu beliebiger Höhe geschafft werden können, und später, wenn die Wirkung seiner Schwere wieder freigegeben wäre, beliebig große Arbeit zu leisten vermögen. So wäre Arbeit ohne Gegenleistung aus nichts zu schaffen. Könnte die Lebenskraft zeitweilig die chemische Anziehung des Kohlenstoffs zum Sauerstoff aufheben, so würde Kohlensäure ohne Arbeitsaufwand zu zerlegen sein, und der frei gewordene Kohlenstoff und Sauerstoff wieder neue Arbeit leisten können."

Für die Erscheinungen, die sich an der nicht lebenden toten Materie anschlossen, bestand schon lange die Ansicht, daß ein solches Entstehen von Arbeit ohne Gegenleistung aus nichts niemals vorkomme, daß also mit anderen Worten ein perpetuum mobile, d. h. eine periodisch wirkende Maschine, die von selbst, d. h. ohne Aufwand irgendeines anderen Agens beliebig viel Arbeit liefern könne, wie etwa eine Uhr, die sich stets von selbst wieder aufzieht, unmöglich sei. Es sei besonders betont, daß unter einem perpetuum mobile nicht, wie man nach der nicht sehr glücklichen Wortbildung wohl meinen könnte, ein sich fortwährend bewegender Körper zu verstehen ist. Nach dem Galileischen Trägheitsgesetz wäre ja jeder Körper, der einmal in Bewegung gesetzt ist, und der sonst keinen weiteren Kräften unterworfen ist, ein solches perpetuum mobile. Es ist hier vielmehr die beständige Arbeitsleistung ohne entsprechendes anderweitiges Äquivalent gemeint. Langjährige Erfahrungen hatten zu der Überzeugung geführt, daß die Konstruktion eines perpetuum mobile unmöglich sei. Siehe die Ansicht von Huygens darüber (Seite 55). Dementsprechend hatte bereits 1775 die französische Akademie den Beschluß gefaßt, Arbeiten über die Erfindung eines perpetuum mobile nicht aufzunehmen. Es hat jedoch noch vieler Arbeit bedurft, um das hier zugrunde liegende Naturgesetz festzulegen. Man hatte die Erkenntnis aus der Erfahrung gewonnen, daß zur Leistung

Digitized by Google

einer Arbeit irgendwelches Äquivalent eines anderen Agens erforderlich sei.

Hatten die Versuche Helmholtz' über Fäulnis und Gärung in letzter Linie die Frage der Möglichkeit eines perpetuum mobile in der Welt der Lebewesen im Auge, so beschäftigten ihn nach Beendigung dieser Arbeit Gedanken über die allgemeine Bedeutung, welche die Unmöglichkeit eines perpetuum mobile für die Vorgänge in der Natur besitzen.

Er konnte sich damals gründlich in den Gegenstand vertiefen, da er 1843 als Eskadronchirurg in das Königliche Garde-Husarenregiment in Potsdam versetzt war, eine Stellung, die ihm reichlich freie Zeit zu eigener Arbeit ließ. Er blieb zwei Jahre in dieser Stellung, um 1845 zur Ablegung des medizinischen Staatsexamens wieder nach Berlin zu gehen. Nach vorzüglich bestandenem Examen kehrte er 1846 wieder nach Potsdam zurück, wo er seine Studien eifrig fortsetzte, in ständigem teils brieflichen, teils mündlichen wissenschaftlichen Verkehr mit seinen fast gleichalterigen Freunden Du Bois-Reymond und Brücke. Das folgende Jahr 1847 sollte für ihn in mehrfacher Beziehung bedeutungsvoll werden.

Im März dieses Jahres fand seine Verlobung mit Olga von Velten statt, die er zwei Jahre später als Gattin in das eigene Heim einführen konnte.

In das gleiche Jahr fällt aber auch seine wissenschaftliche Großtat, durch die er mit einem Schlage in die Reihen der hervorragendsten Physiker eintrat. Am 23. Juli 1847 trug er in der Sitzung der Berliner Physikalischen Gesellschaft den wesentlichen Inhalt seiner Abhandlung „über die Erhaltung der Kraft vor". Die große Bedeutung der Helmholtzschen Schrift besteht, kurz gesagt, darin, daß in ihr gezeigt wird, daß ein perpetuum mobile nicht nur im Gebiet der reinen Mechanik, sondern auch bei Heranziehung aller andern bekannten Naturkräfte, der thermischen, elektrischen, magnetischen Vorgänge unmöglich ist, daß es keine Möglichkeit gibt, auf irgendeinem Wege Arbeit zu leisten ohne Verbrauch einer ihr genau äquivalenten Energiemenge, die irgendeinem anderen Energievorrat entnommen wird, sei dieser nun mechanischer, thermischer, elektrischer oder magnetischer Natur. Er zeigte, daß alle bisher bekannten Beziehungen der Erscheinungen in der unbelebten Natur quantitativ, zahlenmäßig mit der Annahme der Unmöglichkeit eines perpetuum mobile in Einklang sind. Es ist nicht möglich, durch irgendwelche Anordnung auch nur die kleinste Arbeit zu leisten ohne Aufwen-

Digitized by Google

dung irgendeiner dieser Arbeit gleichen Menge eines anderen Arbeitsäquivalentes. Ebensowenig aber geht eine Arbeitsfähigkeit irgendwelcher Form jemals aus der Welt verloren.

Den Ausgangspunkt seiner Abhandlung bildet das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft, ein schon vor ihm bekannter Satz der Mechanik, der besagt, daß bei freien mechanischen Systemen beliebiger Art, z. B. also bei dem Planetensystem, die Summe aller lebendigen Bewegungskräfte stets denselben Zahlenwert annimmt, wenn alle Massen des Systems bei der Bewegung wieder dieselbe gegenseitige Lage einnehmen, auf welchem Wege auch diese Lage erreicht ist. Die lebendige Kraft eines Systems wird dabei erhalten, indem man für jeden Massenpunkt das Produkt aus seiner Masse und dem Quadrat seiner Geschwindigkeit bildet und alle diese Produkte zusammenzählt.

Dieses Prinzip läßt sich aus den Newtonschen Bewegungssätzen ableiten, wenn man noch die Voraussetzung macht, daß die Massenpunkte sich nur unter der Einwirkung von Kräften bewegen, die von Punkt zu Punkt in der Richtung der Verbindungslinie wirken, und daß ihre Intensität nur von deren Entfernung abhängt, daß die Kräfte sogenannte Zentralkräfte sind. Helmholtz zeigt nun zunächst, daß man auch umgekehrt von der Unmöglichkeit des perpetuum mobile ausgehen kann, das sich mathematisch als Prinzip der lebendigen Kraft darstellt, und daß man hieraus unter Benutzung der Newtonschen Gesetze folgern kann, daß die von Punkt zu Punkt wirkenden Kräfte Zentralkräfte sein müssen.

Das Prinzip der lebendigen Kraft, das also gleichbedeutend ist mit dem Prinzip der Unmöglichkeit des perpetuum mobile auf dem Gebiet der Mechanik, kann man auch so aussprechen, daß die Differenz der lebendigen Kraft und der von den wirkenden Kräften geleisteten Arbeit stets konstant bleibt in einem freien System. Helmholtz bringt es nun auf eine Form, in der es als Satz von der Konstanz der Summe einer bestimmten dem gegebenen System innewohnenden Größe erscheint. Man braucht so hierzu bloß anstatt des Begriffes der von den Kräften geleisteten Arbeit die ihr gleiche aber entgegengesetzte Größe einzuführen, dann erscheint das eben genannte Prinzip nicht in Form der Konstanz einer Differenz, sondern der Konstanz einer Summe, nämlich der Summe der lebendigen Kraft und dem Negativen der von den Kräften geleisteten Arbeit; diese letztere Größe nennt Helmholtz die Quantität der Spannkräfte. Das Prinzip der Erhaltung der

Digitized by Google

lebendigen Kraft läßt sich dann also in der Form aussprechen: Die Summe der vorhandenen lebendigen und Spannkräfte eines freien Systems ist konstant. In dieser Form bezeichnet Helmholtz das Gesetz als: Prinzip von der Erhaltung der Kraft.

In dieser Form tritt es als universell gültiges Gesetz dem ebenso allgemein gültigen Prinzip von der Erhaltung der Materie an die Seite.

Es ist immer im Auge zu behalten, daß unter Kraft hier nicht die Galilei-Newtonsche Kraft (Masse mal Beschleunigung) zu verstehen ist, sondern Wirkung der Kraft, Arbeitskraft, Energie, Fähigkeit Arbeit zu leisten. Man nennt deshalb auch zweckmäßigerweise, um Verwechslungen zu vermeiden, das Gesetz das Prinzip der Erhaltung der Energie. Anstatt von Bewegungskraft spricht man von der kinetischen Energie, anstatt von Spannkraft von Energie der Lage. Arbeitsfähigkeit kann ein System haben entweder aktuell in der Bewegung seiner Massen, wie etwa eine abgeschossene fliegende Flintenkugel ein Brett durchbohren kann, oder latent durch eine Zwangsanordnung seiner Massen, wie es etwa in einer gespannten Feder, einem gehobenen Gewicht u. dgl. der Fall ist. Bei Lösung des Zwanges kann das System diese latente Arbeitsfähigkeit betätigen.

Die Energie, Arbeitsfähigkeit im Naturganzen bleibt bei allen Veränderungen in der Natur ewig und unverändert dieselbe.

„Alle Veränderungen in der Natur bestehen darin, daß die Arbeitskraft ihre Form und ihren Ort wechselt, ohne daß ihre Quantität verändert wird. Das Weltall besitzt ein für allemal einen Schatz von Arbeitskraft, der durch keinen Wechsel der Erscheinungen verändert, vermehrt oder vermindert werden kann, und der alle in ihm vorgehenden Veränderungen unterhält."

In seiner berühmten Schrift zeigt nun Helmholtz in knapper aber inhaltreichster Form die Gültigkeit des Prinzipes auf allen Gebieten der Physik.

Ich muß der Verlockung widerstehen, seine Gültigkeit an einzelnen Beispielen zu erläutern. Es sei nur verwiesen auf den von Helmholtz selbst gehaltenen populären Vortrag: „Über die Erhaltung der Kraft" (H. von Helmholtz, Vorträge und Reden, Band 1, S. 147).

Das Gesetz hat sich in der Folge tausendfältig bestätigt, nie ist eine ihm widersprechende Erscheinung gefunden; wo es wirklich einmal durchbrochen schien, wie bei der Strahlung der radioaktiven Substanzen, hat sich doch sehr bald seine Gültigkeit gezeigt.

Digitized by Google

Ja, es ist uns allmählich so in Fleisch und Blut übergegangen, daß man es wohl als a priori evident hingestellt hat, was allerdings gänzlich verkehrt ist. Wie jedes andere Naturgesetz, ist es auf induktivem Wege gefunden, und durchaus eine Erfahrungstatsache.

In vielen Fällen, namentlich wo es sich um ganz neu aufgefundene Erscheinungen handelt, ist es der beste Führer. Falsch wäre aber die Ansicht, als ob durch das Energieprinzip die Naturvorgänge in ihrem Ablauf eindeutig bestimmt wären. Wo und wann sie sich abspielen, bleibt immer das Prinzip der Erhaltung der Energie gewahrt; das Energieprinzip sagt aber weder etwas darüber aus, ob eine Veränderung eintreten wird, noch in welcher Richtung. Es ist ein universelles Gesetz des Naturgeschehens, aber nicht das einzige.

Es schmälert den Ruhm Helmholtz' in der Aufdeckung des Gesetzes nicht, daß vor ihm, ihm allerdings ganz unbekannt, J. R. Mayer im wesentlichen dieselben Gedanken bereits ausgesprochen und veröffentlicht hat, allerdings in mehr qualitativer Weise, und mehr von Überlegungen philosophischer Art geleitet. Helmholtz hat diese Priorität in Wort und Schrift, stets wo sich nur Gelegenheit dazu bot, betont. Nur Neid und Mißgunst können das verkennen oder anders darstellen. Ihm bleibt jedenfalls gegenüber Mayer das Verdienst, zahlenmäßig streng die Gültigkeit des Prinzips auf allen Gebieten der Physik nachgewiesen zu haben.

Es ist bekannt genug, daß die Abhandlung von Helmholtz von dem Redakteur der ersten physikalischen Zeitschrift zurückgewiesen wurde. Überhaupt war die Aufnahme seiner Schrift lange nicht so enthusiastisch wie man erwarten sollte. Vielen waren die entwickelten Gedanken zu neu und zu frappierend; sie wurden zuerst nur zögernd angenommen, während Helmholtz, wie er selbst berichtet, eigentlich nur Tadel deswegen gefürchtet hatte, daß er als junger Mediziner es wage, den Physikern längst bekannte Dinge zu erzählen.

Das Jahr 1848 brachte ihm eine glückliche Veränderung seiner Lebensstellung. Er wurde auf besondere Empfehlung von Johannes Müller an Stelle von Brücke zum Lehrer der Anatomie an der Akademie der Künste ernannt, ein Amt, das ihm viel freie Zeit zur Forschung ließ.

Nur kurze Zeit bekleidete er dieses Amt.

Schon im nächsten Jahre wurde er zu größeren, seinen Fähigkeiten entsprechenden Aufgaben ausersehen; im Mai 1849 wurde er, 28 jährig, als Professor der Physiologie nach Königsberg berufen.

Digitized by Google

Er hatte nun alles erreicht, was ihm zunächst begehrenswert war, eine Stelle, die seinen Neigungen und Talenten in gleicher Weise entsprach und ihm zudem die langersehnte Möglichkeit gewährte, seine Braut als Gattin heimzuführen.

Kaum hatte er sich in Königsberg eingerichtet und eingelebt, als er sich an die Ausführung einer Untersuchung machte, die wieder eine Tat ersten Ranges war. Es gelang ihm die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung zu messen, zunächst an Fröschen, sodann auch an Menschen. Es ergab sich, daß diese Geschwindigkeit durchaus meßbar sei — noch 6 Jahre früher hatte Johannes Müller einen Versuch zur Messung dieser Geschwindigkeit für gänzlich aussichtslos erklärt, da diese mindestens etwa von der Ordnung der Lichtgeschwindigkeit sein müsse. Helmholtz fand z. B., daß es etwa $^1/_{30}$ Sekunde dauere, bis ein Nervenreiz von den Zehen zum Gehirn gelangt. Die Resultate dieser Arbeiten machten begreiflicherweise überall gewaltiges Aufsehen und begegneten zunächst vielfachen Zweifeln.

In die Zeit seiner Königsberger Lehrtätigkeit, in das Jahr 1850, fällt auch diejenige Erfindung, die seinen Namen wohl am meisten für alle Zeiten in weiteren Kreisen bekannt gemacht hat, und ein Segen der leidenden Menschheit geworden ist, die Erfindung des Augenspiegels, wodurch er der gesamten Augenheilkunde einen gewaltigen Aufschwung gab. Der Augenspiegel gestattet, die Netzhaut des Auges am lebenden Menschen direkt zu betrachten. Der Hintergrund des Auges erscheint bei direkter Betrachtung vollkommen dunkel; es rührt dies daher, daß nach optischen Prinzipien bei optischen Systemen im Strahlengang leuchtendes Objekt und Bild vertauscht werden können, reziprok sind, so daß also Licht, das von einer Lichtquelle aus auf das darauf akkommodierte Auge einfällt und auf der Netzhaut abgebildet wird, von dort ausgehend wieder zur Lichtquelle zurückkehrt, also nicht in das Auge eines seitlich stehenden Beobachters gelangt, mithin die Pupille des beobachteten Auges vollständig schwarz erscheint. Will man also die Netzhaut sehen, so müßte man das eigene Auge direkt in die Richtung der aus der Netzhaut zurückkehrenden Strahlen bringen, was aber unmöglich erscheint, weil man ja dann das einfallende Licht abschneiden würde. Helmholtz löste das Problem in einfachster Weise, indem er die Lichtquelle seitlich vom beobachtenden und beobachteten Auge aufstellte und zwischen die beiden Augen eine durchsichtige Glasplatte unter solcher Neigung aufstellte, daß das beobachtete Auge

Digitized by Google

das Spiegelbild der von der Glasplatte reflektierten Lichtquelle sieht. Da sich nun dieses Spiegelbild bei richtiger Orientierung der Glasplatte in der Verbindungslinie des beobachtenden und beobachteten Auges in der Nähe des ersteren befindet, so kann die von ihm beleuchtete Netzhaut des zweiten Auges vom Beobachter, eventuell unter Zuhilfenahme einer passenden Linse, deutlich hell beleuchtet gesehen werden.

Es sind im Grunde ganz elementare Überlegungen, die Helmholtz gelegentlich der Vorbereitung zu einer Vorlesung zur Erfindung seines Augenspiegels führten, und sie ist an rein wissenschaftlichem Werte nicht im entferntesten mit den meisten seiner übrigen Arbeiten zu vergleichen, wie ja auch die ganze Ausarbeitung nur etwa 8 Tage in Anspruch genommen hat, aber es ist bei der großen praktischen Bedeutung des Instrumentes nicht verwunderlich, daß sie seinen Ruhm in weiten Kreisen begründete. Die schöne Erfindung — Hertz nennt sie einmal den lieblichsten seiner Ruhmestitel — erwuchs aus der glücklichen Vereinigung von ausgebreiteten medizinischen und physiologischen mit mathematischen und physikalischen Kenntnissen, was ja überhaupt allen seinen Arbeiten der ersten Jahrzehnte seiner wissenschaftlichen Tätigkeit ihr eigenartiges universelles Gepräge gab.

1852 wandte er sich, nachdem seine Arbeiten über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung zu einem gewissen Abschluß gekommen waren, einem ganz anderen Gebiet zu, der physiologischen Optik, auch hier eine Fülle von unerwarteten Resultaten bietend und Klarheit verbreitend. Eine Revision der Theorien der Farbenempfindung bildet das Thema seines Habilitationsvortrages bei der Übernahme des Ordinariates der Physiologie in Königsberg, das ihm 1852 übertragen wurde, nachdem er 4 Jahre lang außerordentlicher Professor gewesen war.

Doch nur kurze Zeit noch sollte sich die Königsberger alma mater des Besitzes des schon damals weitberühmten Gelehrten erfreuen. 1855 folgte Helmholtz einem Rufe als ordentlicher Professor der Anatomie und Physiologie an die Universität Bonn. So sehr er sich in Königsberg eingelebt hatte, so sehr war er doch im Interesse seiner Frau, die das rauhe Klima der nordischen Universitätsstadt nicht vertragen konnte und ernstlich erkrankt war, erfreut, in die milde Luft der Rheinstadt zu kommen. Es sind hauptsächlich Probleme der physiologischen Optik, die ihn hier weiter beschäftigen, sowie die Abfassung des Handbuches der physiologischen Optik

Digitized by Google

das er für ein großes von Karsten in Kiel herausgegebenes physikalisches Sammelwerk schrieb, und bei dessen Bearbeitung sich ihm eine große Anzahl Versuche als wünschenswert herausstellte, an deren Durchführung er sich sofort selbst machte. So entstand sein Handbuch der „physiologischen Optik", gleich bewunderungswürdig an umfassender Behandlung des gewaltigen Stoffes, wie an Feinheit und Zuverlässigkeit der Darstellung.

Einige der wichtigeren optischen Studien von Helmholtz mögen hier Platz finden. Zunächst zeigte er, wie wichtig es ist, bei dem Studium der Einwirkungen von Farbmischungen auf das Auge, nicht wie man bisher meist zu tun pflegte, Farbstoffe, sondern reine Spektralfarben zu nehmen. So gibt bekanntlich die Mischung gelben und blauen Farbstoffes grün, dagegen Gelb und Blau als reine Spektralfarben gemischt Weiß.

Auf diese Erkenntnis gestützt, ging er nun an die Wiederaufnahme und den Ausbau der schon einige Jahrzehnte früher von Young angedeuteten Farbentheorie. Es gibt danach drei Grundempfindungen für Farben: Rot, Grün, Blau; alle vorkommenden Farbenempfindungen werden hervorgebracht durch gesonderte oder gleichzeitige Erregung dieser drei Grundempfindungen. Im einzelnen hat die Theorie der Farbenempfindungen noch viele Wandlungen durchgemacht, aber der Grundkern der Young-Helmholtzschen Lehre ist doch erhalten geblieben. Großes Verdienst hat sich ferner Helmholtz erworben um die Aufklärung der Vorgänge, die die Akkommodation des Auges ermöglichen, d. h. die das Auge befähigen, sich in kürzester Zeit so einzustellen, daß von dem eben betrachteten Gegenstand, in welcher Entfernung vom Auge er sich auch befindet (falls dieser nur nicht zu klein ist) ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht. Das Auge ist vergleichbar einer photographischen Kamera. Die Augenlinse entspricht dem Objektiv, die Netzhaut der photographischen Platte. Wie jedem die Kunst des Photographierens Ausübenden geläufig, muß man je nach der Entfernung des zu photographierenden Gegenstandes „einstellen", d. h. den Abstand zwischen Objektiv und Aufnahmeplatte richtig wählen. Wäre man in der Lage, die Krümmungen der Vorder- und Hinterfläche der Linse nach Belieben zu ändern, was allerdings bei Glaslinsen nicht möglich ist, aber bei Linsen etwa aus Gelatine sich leicht verwirklichen ließe, indem man sie etwa zwischen zwei Gummibänder bringt und an den Enden dieser Bänder mehr oder weniger stark zieht, so braucht man sich zur Einstellung auf nahe oder ferne Gegen-

Digitized by Google

stände nur dieses Mittels zu bedienen, ohne den Abstand zwischen Objektiv und Platte ändern zu müssen. Helmholtz zeigt, daß etwas dem letzten Verfahren Ähnliches tatsächlich bei der Akkommodation des Auges ein wesentliches Moment ist.

Es sei schließlich noch die Erfindung des Telestereoskopes erwähnt, das gestattet, auch ferne Gegenstände plastisch zu sehen, was beim gewöhnlichen Sehen wegen des nahen Abstandes der Augen nicht über eine Entfernung von etwa 200 m möglich ist. Wie beim Augenspiegel ist die Lösung der Aufgabe wieder von überraschender Einfachheit. Aus den Grundlehren über das körperliche Sehen folgt nämlich, daß man viel weiter plastisch sehen könnte, wenn der Abstand der Augen bedeutend größer wäre als er tatsächlich ist. Helmholtz erreicht denselben Effekt in der einfachsten Weise, indem er vor jedes Auge einen vertikal stehenden unter 45° gegen die durch die beiden Augen gehenden Vertikalebenen geneigten Spiegel und in einigem Abstand zu beiden je einen den ersten parallelen Spiegel aufstellt. Das Licht des fernen Objekts fällt also nach zweimaliger Reflexion unter rechtem Winkel ins Auge, so daß also jedes Auge den fernen Gegenstand in einer solchen perspektivischen Projektion erblickt, wie er von den beiden letzteren Spiegeln aus erscheinen würde. Dieses Instrument ist heute zu großer Vollkommenheit ausgearbeitet und dient vielfachen Zwecken.

Nicht ganz unerwähnt lassen möchte ich eine hochbedeutsame Arbeit Helmholtz' auf mathematisch-physikalischem Gebiet, die 1857 in Bonn entstand und besonders auch die Bewunderung der Mathematiker erregte. Sie ist betitelt: „Über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen". Es wird in jener Arbeit gezeigt, daß (bei Vernachlässigung der Reibung) die Wirbel in Flüssigkeiten Gebilde von merkwürdigen Eigenschaften sind. Diejenigen Wasserteilchen, die nicht schon Rotationsbewegung haben, bekommen niemals Rotationsbewegung. Es sind stets dieselben Wasserteilchen, die eine Wirbellinie bilden und fortdauernd rotieren; eine solche Wirbellinie schwimmt also wie ein wirklicher Faden aus fester Substanz in der Flüssigkeit fort. Ferner findet sich an einem Wirbelfaden noch eine weitere merkwürdige Konstanz. Es behält nämlich das Produkt aus Rotationsgeschwindigkeit und Querschnitt in einem aus demselben Wasserteilchen bestehenden Stück eines Wirbelfadens stets zu allen Zeiten denselben Wert, und dieser Wert ist ferner derselbe an allen Stellen des Wirbelfadens. Wo also ein Wirbelfaden eng ist, ist die Rotationsgeschwindigkeit groß und umgekehrt. Das Produkt der

Digitized by Google

beiden Größen ist etwas für den betreffenden Wirbelfaden Charakteristisches, was sich nicht mit der Zeit ändert; ebensowenig wie sich etwa die Masse eines Atoms im Laufe der Zeit ändert.

Lord Kelvin hat die Hypothese aufgestellt, daß diese letztere Analogie nicht nur eine äußerliche, sondern tief begründet ist. Ein Atom soll nach ihm direkt ein solcher Wirbelring im Äther sein.

Nur kurze Zeit dauerte die Lehrtätigkeit Helmholtz' in Bonn. Nach längeren Verhandlungen gelang es der Universität Heidelberg 1858, ihn für die dort neu begründete ordentliche Professur der Physiologie zu gewinnen. Er siedelte im Herbst in die herrliche Neckarstadt über, die ihm nun 13 Jahre lang seine Heimat werden sollte. Im Verein mit Bunsen und Kirchhoff führte er hier eine Zeit der Höhe wissenschaftlichen Schaffens und Wirkens herbei, wie sie idealer kaum gedacht werden kann.

Das erste Heidelberger Jahr 1859 brachte Helmholtz tiefschmerzliche Ereignisse. Im Juni starb sein Vater, der sich noch herzlich über den wachsenden Ruhm und das Familienglück seines Sohnes gefreut und auch, soweit möglich, stets lebhaften Anteil an dessen wissenschaftlichem Streben und Arbeiten genommen hatte, wie der eifrige noch erhaltene Briefwechsel zwischen Vater und Sohn erkennen läßt. Im Dezember desselben Jahres verlor Helmholtz nach 10jähriger glücklicher Ehe auch seine geliebte Frau, die schon monatelang schwer gelitten hatte. Nur mühsam raffte sich Helmholtz nach den schweren Schicksalsschlägen dieses Jahres wieder zu neuer wissenschaftlicher Tätigkeit auf.

Die ersten Jahre seines Heidelberger Aufenthaltes sind wesentlich der Vollendung und Weiterführung von Studien über die Tonempfindungen gewidmet, die er schon in Bonn begonnen hatte. Das Ergebnis dieser Arbeiten ist in zusammenhängender auch Laien verständlicher Darstellung niedergelegt in einem 1862 erschienenen Werke, das von jeher als ein Muster von populärer Darstellungsart, verbunden mit wissenschaftlicher Strenge, bewundert worden ist, in der „Lehre von den Tonempfindungen". Man weiß nicht, was man mehr bewundern soll, den eleganten Stil, die Fülle des Neuen, oder das feine Gefühl für Ästhetik, das sich überall in diesem Buche ausspricht. Es soll ein Lehrbuch sein, insofern es die Akustik, so weit sie für die Tonempfindungen grundlegende Bedeutung hat, von Grund aus entwickelt und allmählich zu Schwierigerem aufsteigt. Helmholtz löst darin das alte Rätsel der Konsonanz und Dissonanz. Warum ist die Quinte ein angenehmes,

Digitized by Google

die Sekunde ein unangenehmes Intervall? Er löst die Frage der Klangfarbe. Wie kommt es, daß ein Ton in derselben Tonhöhe auf dem Klavier, von der menschlichen Stimme, von der Flöte angegeben, ganz verschieden klingt? Was macht das Wesen des Vokalklanges aus? Woher kommt die merkwürdige Erscheinung, daß man bei gleichzeitigem Erklingen zweier verschieden hoher Töne einen dritten Ton hört, dessen Schwingungszahl gleich der Differenz der Schwingungszahlen der beiden gegebenen Töne ist? Durch welche Einrichtung ist das Ohr befähigt, irgendeine gegebene periodische Schwingung von kompliziertem Charakter zu zerlegen in seine einfachsten Bestandteile?

Zu allen diesen Problemen, die sich schon lange aufgedrängt hatten, aber stets der Aufklärung widerstanden hatten, gibt er in jenem Buch die Lösung oder plausible Erklärung.

Sie konnte nur gegeben werden von einem Forscher, der wie Helmholtz die Kenntnisse eines Mathematikers, Anatomen, Physiologen, Physikers und Kunstkenners in gleich hervorragender Weise in sich vereinigte. So verlockend es ist, hier einige der besonders interessanten Punkte dieses Buches zu besprechen, so muß doch an dieser Stelle davon Abstand genommen werden.

Ein volles Verständnis der darin behandelten Fragen und ihrer Lösung würde zu ausgedehnte Erörterungen verlangen.

Vor dem Erscheinen dieses Werkes gab es überhaupt fast gar keine wissenschaftliche Behandlung der meisten jener Fragen, man tappte vielfach ganz im Dunklen. Helmholtz erst hat hierin die Lehre von den Tonempfindungen geschaffen und auch sofort auf eine Höhe gehoben, die noch heute wenig überschritten ist. Sein Werk ist noch immer dasjenige, auf das die Forschung immer zurückgehen muß. Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß eine ganze Reihe der von Helmholtz dort aufgestellten Lehren nach und nach eine heftige Kritik, ja zum Teil völlige Ablehnung erfahren haben; doch sind bündige allgemein anerkannte Gegenbeweise wohl noch nirgends mit voller Sicherheit erbracht worden, und es ist nicht unmöglich, daß die Helmholtzschen Theorien sich in der Folge, wenigstens in der Mehrzahl, als völlig richtig erweisen werden. Wie dem auch sei, die Lektüre dieses Helmholtzschen Buches, wohl das in sich abgeschlossenste, das er geschaffen hat, bereitet auch dem Nichtphysiker, namentlich dem Musikfreund, der sich gern einige Klarheit über das Wesen der Klänge verschaffen möchte, einen hohen ästhetischen Genuß, schon durch die Fülle seiner Bemerkungen, die sich überall

Digitized by Google

in dem Buche finden. Der Verfasser würde erfreut sein, wenn diese Zeilen den einen oder den andern seiner Leser dazu anregen, einen Blick in dieses Werk zu tun. Es beeinträchtigt ja die Freude an dem Wohlklang eines Dreiklanges nicht, wenn man weiß, warum er gut klingt. Helmholtz selbst ist zeit seines Lebens einer der feinsinnigsten Freunde guter Musik gewesen. So war er ein ständiger Besucher der von Meister Joachim veranstalteten Quartettabende in Berlin; auch in Bayreuth war er ein oft gesehener Gast.

In das Jahr 1861 fällt seine Verheiratung mit Anna von Mohl. 1866 erschien der letzte Teil seines großen Handbuches der physiologischen Optik. Von besonderem Interesse sind für weitere Kreise die erkenntnistheoretischen Ansichten, zu denen er durch seine intensive ausgedehnte Beschäftigung mit der physiologischen Optik allmählich gelangt war, und die er zum Teil in der physiologischen Optik, zum Teil in selbständigen Schriften niedergelegt und auseinandergesetzt hat. Anatomie und Physiologie lehren, daß auf der Netzhaut ein flächenhaftes Bild der Gegenstände der Außenwelt entsteht, und daß ferner die verschiedenen Teile dieses Bildes verschiedene Nervenfasern erregen. Es erhebt sich nun die Frage, was zu dieser räumlichen Trennung der empfindenden Nerven noch hinzutritt, wodurch nun in der Anschauung die entsprechende räumliche Trennung dieser Eindrücke hervorgebracht wird. Wie kommt es, daß wir die Empfindungen, die uns die räumlich getrennten Nervenfasern der Netzhaut vermitteln, auch auf räumlich getrennte Teile des Gesichtsfeldes beziehen?

In der Beantwortung dieser wichtigen Frage stehen zwei grundsätzlich verschiedene Anschauungen einander schroff gegenüber. Die eine, als nativistisch bezeichnet, deren Führer Johannes Müller war, vertritt die Ansicht, daß diese räumliche Anschauung angeboren sei, daß gleichsam die räumlich ausgedehnte Netzhaut sich selbst in der räumlichen Ausdehnung empfinde, womit natürlich eine weitere Erklärung von vornherein abgeschnitten ist.

Ihr gegenüber steht die sogenannte empiristische schon von Locke ausgesprochene Theorie der Raumanschauung, der sich nun auch Helmholtz vollständig anschließt und die er mit einer Fülle von Beweismaterial stützt. Danach geben uns die Sinnesempfindungen nichts weiter als Zeichen für Vorgänge, die in unserer äußeren Umgebung stattfinden; durch vielfältige Erfahrung und Übung müssen wir allmählich lernen, sie uns zu deuten, die Bedeutung jener Zeichen zu verstehen und zu verwerten. Wir können

Digitized by Google

fortwährend dabei irren und müssen fortwährend an der Erfahrung die Schlüsse korrigieren, die wir über die tatsächlichen äußeren Vorgänge aus jenen von den Sinnesempfindungen übermittelten „Zeichen" ziehen.

„Die Übereinstimmung zwischen den Gesichtswahrnehmungen und der Außenwelt beruht ganz oder wenigstens der Hauptsache nach auf demselben Grunde, auf dem alle unsere Kenntnis der wirklichen Welt beruht, nämlich auf der Erfahrung und der fortdauernden Prüfung mittels des Experimentes, wie wir es bei jeder Bewegung unseres Körpers vollziehen."

Seine Studien führen ihn auch dazu, die Annahme Kants von der Apriorität und transzendentalen Natur der geometrischen Axiome zu verwerfen. Er zeigt (siehe z. B. seine Vorträge: „Über die Axiome der Geometrie" und „Die Tatsachen in der Wahrnehmung und die Axiome der Geometrie"), daß „die Axiome der Geometrie, in demjenigen Sinne genommen, wie sie allein auf die wirkliche Welt angewendet werden dürfen, durch Erfahrung geprüft, erwiesen, eventualiter auch widerlegt werden können." Nicht gegen die Kantsche Behauptung von der Transzendentalität der Raumanschauung an sich wendet sich Helmholtz, sondern dagegen, daß auch die Axiome der Geometrie transzendental sind, daß also die Raumanschauung bereits vor aller Erfahrung schon gewisse Bestimmungen enthält.

Absichtlich verläßt er diese stark ins Philosophische übergreifenden Studien, um sich wieder elektrischen Untersuchungen zuzuwenden. Er schreibt 1869 an Ludwig: „Ich fand, daß das viele Philosophieren zuletzt eine gewisse Demoralisation herbeiführt und die Gedanken lax und vage macht, ich will sie erst wieder eine Weile durch das Experiment und durch Mathematik disziplinieren."

Es waren nun hauptsächlich Untersuchungen auf dem Gebiete der Theorie der Elektrodynamik, die ihn beschäftigten und auf längere Zeit festhielten.

Schon längere Zeit hatte es ihn besonders zur Beschäftigung mit der reinen Physik hingezogen, für die er eine besondere Vorliebe hatte. Helmholtz schreibt selbst: „Die Physik war eigentlich von jeher die Wissenschaft, der sich mein Interesse hauptsächlich zugewendet hatte; zur Medizin und durch sie zur Physiologie wurde ich wesentlich durch äußere zwingende Umstände geführt." 1871 trat ein Umstand ein, der es ihm nun endlich ermöglichte, fortan seine Kräfte ganz diesem seinen Lieblingsstudium zu widmen. Es



Digitized by Google

wurde ihm die Nachfolgerschaft von Magnus in der ordentlichen Professur für Physik in Berlin übertragen.

Im Anfang seiner Berliner Zeit beschäftigten Helmholtz hauptsächlich noch die Weiterführung der bereits in Heidelberg begonnenen elektrodynamischen Untersuchungen. Von der Bedeutung dieser Arbeiten läßt sich ohne Voraussetzung eingehender Kenntnisse dieses Gebietes kein einigermaßen genügendes Bild geben. Nur folgende Punkte mögen hier hervorgehoben werden, um doch eine Vorstellung von Helmholtz' Verdiensten in dieser Richtung zu geben. In Deutschland herrschte um die Zeit, als Helmholtz an das Studium der Elektrodynamik herantrat, noch vollständig die Lehre von dem elektrischen und magnetischen Fluidum, dessen Teile aufeinander wechselseitig mit Fernkräften in ganz analoger Weise wie die Newtonsche Attraktionskraft umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung wirkten. Und gerade in Deutschland erreichte diese Theorie ihren Höhepunkt und das größte Ansehen, als es Wilhelm Weber gelungen war, auch die Erscheinungen der Induktion in das Kraftgesetz mit einzubeziehen, indem er es mit Zusatzgliedern versah, die auch die Geschwindigkeiten und die Beschleunigungen der elektrischen, bez. magnetischen Mengen enthielt. Allerdings waren nun die Kräfte anderer Art geworden als die reinen mechanischen Newtonschen Kräfte, deren eine Haupteigenschaft es ja gerade ist, daß sie unabhängig sind von der Art der Bewegung, in der sich die Mengen gerade befinden. Aber sie behielten immer noch mit den Newtonschen Kräften das gemeinsame Charakteristische bei, daß sie reine unvermittelte Fernkräfte waren, die momentan von einer Menge auf eine zweite wirkten, ohne daß eine Ausbreitungszeit nötig war. Demgegenüber hatte Faraday (siehe die vorige Lebensbeschreibung) eine gänzlich andere Theorie der Elektrizität aufgestellt. Die Hypothese der Fernkräfte wies er vollständig zurück. Er hatte, wie schon oben ausgeführt, die Vorstellung, daß die Kräfte wesentlich vermittelt würden durch das zwischen den beiden elektrischen Körpern liegende Medium, daß dieses in einen eigenartigen, von dem normalen abweichenden Zwangszustand, ähnlich einem elastischen gerate, der in den kleinsten Teilen sich ausbildet und der dabei sich von Ort zu Ort mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitet, so daß also eine gewisse Zeit erforderlich ist, bis sich dieser Zustand im Zwischenmedium von dem einen Körper zum anderen hin ausbreitet. Es ist auch bereits ausgeführt, daß sich diese Ideen selbst in Faradays Heimat wegen ihrer Neuheit und Schwer-

Digitized by Google

verständlichkeit nur sehr langsam ausbreiteten, auch nachdem Maxwell sie in das den Fachleuten gewohnte und verständliche mathematische Gewand gekleidet hatte.

Mit klarem Blick erkannte Helmholtz schon frühzeitig, als sonst in Deutschland kaum noch die neuen Faraday-Maxwellschen Vorstellungen Eingang fanden, ihre hohe Bedeutung. Seiner vorsichtig abwägenden Art gemäß schloß er sich nicht sofort der neuen Theorie der reinen Nahewirkung an. Sie war ja auch in der Tat damals noch nicht durch direkte Experimente als der alten Theorie überlegen erwiesen. So bestehen seine ersten Untersuchungen auf diesem Gebiet zunächst in einer kritischen Sichtung der bisherigen reinen Fernwirkungstheorien; ferner weist er nach, daß, wenn man die Faraday-Maxwellschen im Zwischenmedium eintretenden dielektrischen Polarisationen mit einführt und berücksichtigt — aber noch unter Beibehaltung der Hypothese der Fernkräfte —, unter gewissen Umständen und Voraussetzungen die bereits von Maxwell aus der Nahewirkungstheorie gezogenen Folgerungen erhalten werden, sich im Äther Transversalwellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, während Longitudinalwellen nicht auftreten.

In späteren Untersuchungen gelangt er dann zu dem Schluß, daß alle Fernwirkungstheorien zwar zu richtigen, d. h. mit der Erfahrung immer in Einklang stehenden Folgerungen führen, solange es sich um sogenannte geschlossene Ströme handelt, d. h. um elektrische Ströme, die ganz in der Bahn eines ringförmig geschlossenen Leitungsdrahtes verlaufen, also eben Ströme, die dauernd fließen können, und wie man sie sich gewöhnlich vorstellt, wenn von elektrischen Strömen die Rede ist; daß dagegen alle diese Theorien in irgendeiner Weise gegen die allgemeinen Axiome der Dynamik verstoßen, wenn man sie auf sogenannte ungeschlossene Ströme anwenden will. Ein solcher Strom wird z. B. erhalten in dem Moment, wo zwei durch einen Draht miteinander verbundene Platten elektrisch geladen werden, die eine positiv, die andere negativ. Nach der bisherigen Vorstellung hätte der Strom an den Platten plötzlich ein Ende, er wäre ungeschlossen. Nach Faraday sind jedoch auch in dem Moment, wo die Platten aufgeladen werden, infolge der sich in der ganzen Umgebung ausbildenden dielektrischen Polarisation, wobei in jedem kleinsten Teilchen ein kurzes Strömen der darin bisher verbundenen positiven und negativen Elektrizität nach entgegengesetzten Seiten stattfindet, kleine elektrische Elementarströme vorhanden, welche die direkte Fortsetzung

Digitized by Google

des ungeschlossenen Stromes bilden, und ihn durch das Dielektrikum hindurch zu einem geschlossenen machen. Unter dieser Faradayschen Annahme stehen, wie Helmholtz zeigt, alle bisherigen, damals allerdings noch geringen Erfahrungen in Einklang, ohne in Konflikt mit anerkannten Prinzipien der Dynamik zu geraten.

Aus dem Jahre 1873 stammt eine Arbeit aus dem Gebiet der physikalischen Optik, die für die Biologie von besonderer Bedeutung ist: „Über die Grenzen der Leistungsfähigkeit der Mikroskope". Helmholtz fand, daß die Leistungsfähigkeit der Mikroskope nur noch unwesentlich über den damals bereits erreichten Grad hinaus würde gesteigert werden können. Fast gleichzeitig hatte auch der bekannte verstorbene Direktor der Zeißwerke, Abbe, dieselbe Frage mit ungefähr demselben Ergebnis behandelt.

Immer mehr Gebiete zieht Helmholtz nun in den Kreis seines Schaffens. 1877 beschäftigt er sich zum ersten Male mit Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf thermochemische Prozesse und Elektrochemie. Diese Arbeiten gipfeln zunächst in der Rede, die er 1881 in London zu Faradays Gedächtnis vor der dortigen chemischen Gesellschaft hielt.

Helmholtz setzt darin höchst überraschende Schlüsse auseinander, die man aus den beiden von Faraday gefundenen Grundgesetzen der Elektrolyse mit zwingender Notwendigkeit ziehen muß. Diese führen nämlich zu der Folgerung, daß die Elektrizität nicht in beliebig kleinen Mengen vorkommt, sondern daß es ein ganz bestimmtes Elementarquantum der Elektrizität von ganz bestimmter stets gleich bleibender Größe gibt, das also als eine neue Naturkonstante anzusehen ist. Die Elektrizität hat, wie man auch sagen kann, atomistische Struktur, es gibt Atome der Elektrizität.

In kleineren Mengen als dieses Elementarquantum kommt die Elektrizität nicht vor. In Elektrolyten sind nun die an der Stromleitung beteiligten Jonen je nach der Valenz mit 1 bez. 2 usw. solchen „Elementarquanten" der Elektrizität verbunden. Man ist namentlich in den letzten Jahrzehnten zu der Erkenntnis von der großen Bedeutung dieser Elementarquanten für die elektrischen Erscheinungen gelangt, man hat ihre Ladung der Größe nach berechnet (Stoney, Richarz, Planck), man hat gefunden, daß die merkwürdigen Kathodenstrahlen solche mit großer Geschwindigkeit fliegenden negativen frei, d. h. nicht mit ponderabler Masse verbundene Elementarquanten sind, daß sie wesentlich die Stromleitung in festen Körpern bedingen, daß sie für die optischen Eigenschaften

Digitized by Google

eines Körpers wesentlich sind, von radioaktiven Substanzen ausgeschleudert werden, und noch vieles andere mehr.

Diese also auf Helmholtz zurückgehende Elektronentheorie, die in gewissem Sinn eine Rückkehr zu Vorstellungen von Wilhelm Weber bedeutet, ist heute bereits weit ausgebaut.

Neben allen diesen Arbeiten nebst vielen anderen hier gar nicht erwähnten, entfaltete Helmholtz noch eine weite Tätigkeit als Leiter des physikalischen Instituts, sowie in Ausübung der vielen sonstigen amtlichen Pflichten der verschiedensten Art, die mit seiner Stellung verbunden waren. Die Arbeitslast drohte allmählich selbst für den so arbeitsfreudigen und arbeitskräftigen Mann übermächtig zu werden. Namentlich gegen Ende des Semesters stellten sich große Abspannung und Ohnmachtsanfälle ein, von denen er sich meist durch Reisen in die Schweiz zu befreien suchte.

Da trat ein glücklicher Umstand ein, der es ermöglichte, Helmholtz für den Rest seines Lebens eine Stellung zu verschaffen, die ihm volle Freiheit für eigene wissenschaftliche Arbeit gewährte, ihn von den zeitraubenden amtlichen Verpflichtungen befreite, die mit seiner bisherigen Stellung als Universitätsprofessor verbunden waren, und doch seine Kräfte und sein organisatorisches Talent dem Staate erhielt.

Von mehreren Seiten wurde schon im Jahre 1872 der Vorschlag zur Errichtung eines staatlichen Institutes gemacht, das ganz der Förderung der exakten Wissenschaften und der Präzisionsmechanik gewidmet sein sollte. Eine präzisere Form erlangten die Beratungen, an denen namentlich Helmholtz, Reuleaux, Förster und Werner Siemens teilnahmen, erst vom Jahre 1883 an.

Helmholtz legte dabei besonderen Wert darauf, daß die zu gründende Anstalt namentlich auch den Zweck verfolgen sollte, die Ausführung rein wissenschaftlicher Aufgaben in ihr Programm aufzunehmen, insbesondere solcher, deren Durchführung für die bisherigen in erster Linie dem Unterricht dienenden Institute wegen ihrer Kostspieligkeit nicht möglich war.

In hochherziger Weise beseitigte Werner Siemens die dem Projekt hindernd in den Weg stehenden finanziellen Bedenken, indem er dem Deutschen Reich schenkungsweise ein in Charlottenburg gelegenes Grundstück von einem Hektar Flächeninhalt überließ.

Das neue in seiner Art einzig dastehende Institut erhielt den Namen Physikalisch-Technische Reichsanstalt, und Helmholtz wurde zu ihrem Präsidenten ernannt. Eine gewaltige Arbeit war es, die Helmholtz hiermit in seinem 67. Lebensjahr noch auf sich nahm.

Digitized by Google

Handelt es sich doch um eine Anstalt von ganz besonderer Eigenart, für die es noch nirgends ein Muster gab; es galt, die Organisation eines gänzlich neuen Instituts von Grund auf durchzuführen. Unterstützt von einem großen Stabe tüchtiger, wissenschaftlich oder technisch erfahrener Männer hatte Helmholtz bald die Freude, die ihm anvertraute Schöpfung aufblühen zu sehen.

Noch in ganz anderer Hinsicht erlebte er in jenem Jahre eine besondere Freude, und zwar durch die berühmten Versuche seines Schülers Heinrich Hertz, durch die der endgültige Sieg der Faraday-Maxwellschen Vorstellungen herbeigeführt wurde. Mit lebhaftestem Anteil und Spannung verfolgte er die Entstehung dieser epochemachenden Arbeiten und beglückwünschte Hertz aufs freudigste.

Seit jener Zeit zog Helmholtz auch noch die meteorologischen Erscheinungen in den weiten Kreis seines Forschens, wie immer, so auch hier Licht in bisher ungelöste Rätsel und Probleme bringend. Seine Arbeiten im Verein mit denen von Bezolds, seines Kollegen an der Berliner Universität, haben die mathematische Behandlung meteorologischer Probleme erst recht begründet.

Von seinen Leistungen auf diesem Gebiet möge nur einiges wenige herausgegriffen werden. So lieferte er zuerst die Erklärung der sogenannten Schäfchen- oder Lämmerwolken.

Er zeigt zunächst, daß es unter gewissen Umständen in der Atmosphäre zur unmittelbaren Übereinanderschichtung von zwei Schichten verschiedener Temperatur und auch verschiedener Geschwindigkeit kommen kann, die durch eine scharfe Trennungsebene voneinander geschieden sind, ähnlich wie sie etwa bei einem aus einer Öffnung mit großer Geschwindigkeit ausströmenden Luftstrahl sich bekanntermaßen bilden, wo die sich schnell bewegenden Luftteilchen des Strahlrandes eine scharfe Grenze gegen die umgebende völlig ruhende Luft bilden.

Es ist nun aber auch bekannt, daß solche Gebilde einen labilen Zustand bilden, der bei geringer Störung Anlaß zur plötzlichen Ausbildung von Wirbeln gibt, die dann eine Vermischung der beiden Schichten zur Folge haben. Haben wir in der Atmosphäre zwei solche übereinanderliegende Schichten verschiedener Temperatur, so werden diese Störungen ähnlich wie Wasserwogen verlaufen, wenn an das ruhende Wasser eine bewegte Luftschicht grenzt, d. h. wenn Wind darüber weht. Es werden sich an der Grenzfläche solcher Schichten parallele Wellenzüge ausbilden, Wolkenstreifen. Diese können nun gekreuzt werden von einem zweiten,

Digitized by Google

nach anderer Richtung erfolgenden Anstoß, was dann den Anlaß zur Bildung der Schäfchenwolken gibt. Solche schroffen Geschwindigkeits- und Temperaturdifferenzen in aneinandergrenzenden Luftschichten sind bei Ballonfahrten oft konstatiert worden.

Helmholtz zog ferner den Schluß, daß es neben diesen verhältnismäßig kleinen Wellen auch zur Bildung außerordentlich langer Wellen, etwa von Kilometerlänge kommen kann, die sich uns dann als böiges Wetter mit periodisch sich folgenden Regengüssen kundtun.

Die allgemeine Verehrung für den großen „Meister", wie ihn seine Schüler zu nennen pflegten, zeigte sich in glänzender einmütiger Weise bei der Feier seines siebzigsten Geburtstages. Die Regierung, die Universitäten, Akademien und gelehrte Vereine aller Länder wetteiferten darin, ihm ihre Huldigungen darzubringen. Am 8. November 1891 fand diese denkwürdige Feier statt. Die Berliner Akademie der Wissenschaften ehrte ihn durch die Gründung einer Stiftung, die seinen Namen trägt, und deren Aufgabe es ist, in bestimmten Zeiträumen hervorragenden Forschern, die sich in einem der von ihm gepflegten Arbeitsgebiete ausgezeichnet haben, eine mit seinem Bilde und Namen geschmückte Medaille zu verleihen. Eine besondere Freude war ihm die Ernennung zum Ehrenbürger seiner Vaterstadt Potsdam.

Mit unverminderter Schaffenskraft führte auch der Siebziger seine Forschungen weiter, die zunächst die Bedeutung des Prinzipes der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik betrafen.

Von besonderer Bedeutung ist eine Arbeit, die er 1892 der Akademie vorlegte: Elektromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung. Schon einmal hatte er sich viele Jahre früher mit der Erklärung der Dispersionserscheinungen auf Grund der damals allein bekannten mechanischen, elastischen Theorie des Lichtes befaßt.

Inzwischen hatte nun Maxwell die elektromagnetische Theorie des Lichtes aufgestellt, wonach die Lichtwellen nichts anderes sind als elektromagnetische Wellen von entsprechend kurzer Schwingungsdauer. In der ursprünglich von Maxwell aufgestellten Form umfaßte jedoch die elektromagnetische Lichttheorie nicht die Erscheinungen der Dispersion, d. h. der Tatsache, daß Licht von verschiedener Schwingungsdauer in demselben Körper sich mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzt, wodurch das Spektrum entsteht. Es handelte sich darum, eine Erklärung der Dispersionserscheinungen auf Grund der neuen Theorie zu geben. Helmholtz gab diese Erklärung, indem er die in seiner Faradayrede gezogenen

Digitized by Google

Schlüsse über die Existenz von elektrischen Elementarquanten heranzog, die an jeder Valenzstelle eines Atoms sich befinden. Die Berücksichtigung der Bewegung, die diese Elementarquanten auf den Atomen ausführen, wenn sie von einem elektromagnetischen Wellenzuge getroffen werden, liefert, wie Helmholtz zeigt, unter Hinzunahme gewisser naheliegender Annahmen, eine Erklärung der Dispersionserscheinungen.

1893 fuhr Helmholtz als Vertreter des Deutschen Reiches beim Elektrischen Kongreß in Chicago nach Amerika. Diese Reise sollte jedoch mit einem jähen Unfall abschließen. Helmholtz stürzte auf der Rückreise wohl infolge eines plötzlichen Schwindelanfalles von einer vom Schiffsdeck herabführenden Treppe und blieb besinnungslos und blutüberströmt liegen. Dank sorgfältigster ärztlicher Behandlung und Pflege war er in verhältnismäßig kurzer Zeit wieder so weit hergestellt, daß er seine Amtsgeschäfte wiederaufnehmen konnte. Doch waren namentlich Sehstörungen zurückgeblieben, die erst allmählich schwanden. Auch ging ihm, wie er selbst berichtet, die geistige Arbeit nicht mehr in gleicher Leichtigkeit von statten wie früher. Er klagte, daß er zu jeder Arbeit die doppelte Zeit wie früher brauche.

Schwere Schicksalsschläge trafen ihn zudem in den nächsten Monaten. Besonders hart traf ihn der Tod seines Sohnes Robert, der sich bereits durch gründliche und inhaltreiche physikalische Arbeiten als talentvoller Physiker gezeigt hatte. Am 1. Januar 1894 erhielt er die Kunde von dem Tode seines Lieblingsschülers Hertz, auf den er die größten Hoffnungen gesetzt hatte, von dem er vornehmlich die Fortsetzung seines eigenen Lebenswerkes erwartet hatte. In ergreifenden Worten gab er seiner tiefen Erschütterung Ausdruck.

Ein herrliches Denkmal setzte er ihm in der Vorrede, die er zu dessen posthumem Werke „Die Prinzipien der Mechanik" schrieb.

Weiter riß das Schicksal Lücken unter seinen engsten Freunden und Fachgenossen. Am 21. Mai hatte er die traurige Pflicht, Worte des Abschiedes am Sarge seines Nachfolgers auf dem Lehrstuhl der Berliner Universität, Kundt, zu sprechen, der mitten aus lebensprühender Tätigkeit durch ein Herzleiden der Wissenschaft im kräftigsten Mannesalter entrissen wurde. Teilnehmer jener Trauerfeier berichteten von der ganz besonderen Bewegung und Ergriffenheit, die Helmholtz dort zeigte.

Rüstig arbeitete er an seinen eigenen Untersuchungen weiter. Immer tiefer versenkte er sich in die Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung für das gesamte Naturgeschehen und machte

Digitized by Google

bruchstückweise der Akademie Mitteilung von seinen Forschungen. Noch im Sommer sandte er an die Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane einen Aufsatz: „Über den Ursprung der richtigen Deutung unserer Sinneseindrücke", worin er unter Ablehnung aller metaphysischen Spekulationen noch einmal den durch sein ganzes Leben von ihm festgehaltenen empiristischen Standpunkt in der Erkenntnistheorie auseinandersetzt und vertritt.

Dieser Aufsatz ist für uns zu einem philosophischen Glaubensbekenntnis geworden, das der große Naturforscher am Ende seines langen erfolgreichen Lebens ablegt.

Am 9. Juli traf ihn seine Tochter mit Notizbuch und Bleistift an einem Fenster sitzend, in Gedanken versunken. „Sein Auge leuchtete, und eine auffallende Freudigkeit lag auf seinem Wesen. Er äußerte, daß er an diesem Tage Glück gehabt und etwas gefunden habe, was er und seit langer Zeit vor ihm viele gesucht haben ..."

Er hat das Geheimnis dieses Fundes mit ins Grab genommen. Seine Tage waren gezählt. Am 12. Juli erlitt er einen schweren Schlaganfall, dessen Folgen er am 8. September erlag.

In ihm verlor die wissenschaftliche Welt den Mann, zu dem sie mit Stolz und Bewunderung als auf ihren Führer und Meister emporblickte. Vor allem ist es die Universalität seines Wissens und Forschens, die immer wieder Staunen erregen wird. Man mag zurückgehen in der Geschichte der Naturwissenschaft, so weit man will, man wird kaum einen Forscher finden, der in gleicher Weise auf einer so großen Anzahl von Gebieten in ähnlicher Art gleich fundamentale Leistungen aufzuweisen hat. Wohl ließen sich vielleicht Physiologen, Physiker, Mathematiker angeben, die auf ihrem Spezialgebiet ihn überragen, sicher aber keinen, der es ihm an Beherrschung und gleichmäßiger Förderung aller Gebiete gleichgetan hätte.

Dem Fernerstehenden, der nicht Fachmann in der Physik ist, mag es vielleicht erscheinen, als ob sein Schaffen in der Berliner Zeit nicht auf gleicher Höhe mit seinen Leistungen aus der ersten Hälfte seines Lebens stehe. Es liegt dies aber nur an dem wesentlich mathematischen Inhalt seiner letzten Arbeiten, die zudem auch sich stets an den äußersten Grenzen der Erkenntnis des mathematisch-physikalischen Wissens bewegten, wo ihm meistens nur noch die nächsten Fachgenossen folgen und ihn verstehen konnten, und wo elementare anschauliche Darstellung der Resultate kaum angängig ist. Auch wir mußten uns deswegen hier versagen, auf diese letzten Früchte Helmholtzscher Tätigkeit einzugehen.



Digitized by Google

Äußeren Ruhm hat Helmholtz in so reichem Maße geerntet, wie wohl wenige Gelehrte. Die mannigfachen Ehrenbezeigungen nahm er dankbar hin, in dem stolzen Gefühl, den Besten seiner Zeit genug getan zu haben. Überschwängliches Lob wehrte er ab. In einer Tischrede sagte er: „Wie verderblich der Größenwahn übrigens für einen Gelehrten werden kann, habe ich oft genug gesehen und habe deshalb stets mich zu hüten gesucht, daß ich diesem Feinde nicht verfiele. Ich wußte, daß strenge Selbstkritik der eigenen Arbeiten und Fähigkeiten das schützende Palladium gegen dieses Verhängnis ist. Aber man braucht nur die Augen offen zu halten für das, was Andere können, und was man selbst nicht kann, so finde ich die Gefahr nicht groß . . ."

Er verdankt seine großen wissenschaftlichen Erfolge neben seinem eminenten Talent vor allem auch seinem steten Fleiß, seiner nie erlahmenden Geduld und Ausdauer. Dabei war Helmholtz das Gegenteil von einem Büchergelehrten. Stets behielt er einen offenen Blick für alles, was ihm die Umgebung an Interessantem bot, und für ihn boten oft geringe Erscheinungen des Interessanten genug. Seiner Vorliebe für Musik wurde bereits gedacht; groß war auch seine Belesenheit in guter neuerer, auch fremdsprachlicher Literatur, sowie seine Kenntnis der Werke der bildenden Kunst. Einseitigkeit war ihm völlig fremd; bei aller Gründlichkeit und Exaktheit, mit der er ein Problem anpackte, verlor er nie den allgemeinen Zusammenhang mit anderen Gebieten aus dem Auge, ja dieser war ihm im Grunde stets das Hauptziel. Besonders dankbar muß es anerkannt werden, daß Helmholtz sich stets bemühte, die Ergebnisse seiner Forschungen auch durch populäre Vorträge und Reden einem größeren Kreis von Gebildeten zugängig zu machen. Diese Vorträge und Reden, die gesondert herausgegeben sind und bereits mehrere Auflagen erlebt haben, gehören zu dem Besten, was es an populären Darstellungen naturwissenschaftlicher Stoffe gibt. Wer Interesse für derartige Lektüre hat, dem können sie nicht genug empfohlen werden.

Seine wissenschaftlichen Abhandlungen sind in drei Bänden herausgegeben. Dem Gefühl der Dankbarkeit und Verehrung für ihren „Meister" folgend hat sich eine Anzahl seiner speziellen Schüler, Krigar-Menzel, Arthur Koenig, Richarz, Runge, vereinigt und eine Herausgabe seiner Vorlesungen über mathematische Physik veranstaltet, von denen ein kleiner Teil noch unter seiner Aufsicht gedruckt ist. Es sind das diejenigen Vorlesungen, die Helmholtz in seinen

Digitized by Google

letzten Lebensjahren noch an der Universität in freiwillig auferlegter Pflicht hielt.

Gewaltig wie sein ganzes wissenschaftliches Wirken, war auch der Eindruck seiner äußeren Erscheinung und seines Auftretens. Eine Vornehmheit und abgeklärte Ruhe umgab ihn. Jedem, der das Glück hatte, ihm persönlich nahe zu treten oder ihn auch nur gelegentlich zu sehen, wird der mächtige Eindruck des sinnenden, forschenden Blickes seiner Augen unvergeßlich sein. Nicht unfreundlichen Wesens verstand er es doch, durch die Gemessenheit seines Auftretens plumpe Vertraulichkeit und Taktlosigkeiten von sich abzuwehren. In allen seinen Briefen spricht sich ein tiefes Gemütsleben aus, und ein gelegentlicher liebenswürdiger Humor, eine feine Schalkhaftigkeit lassen erkennen, daß ihm auch eine gewisse Heiterkeit nicht so fremd war, wie vielleicht mancher meinen mochte, der ihn nur bei offiziellen festlichen Gelegenheiten sah.

Sein Standbild erhebt sich, seiner Bedeutung entsprechend, an einer der vornehmsten Stellen der deutschen Reichshauptstadt, deren wissenschaftliche Zierde er durch fast ein Vierteljahrhundert war, im Vorgarten der Universität als ein Ausdruck des Dankes und der Verehrung, die ihm die Wissenschaft schuldet, und als ein mahnendes Vorbild für die deutsche studierende Jugend, es ihm gleichzutun an treuem Fleiß und ehrlichem Ringen nach Erkenntnis der Wahrheit.

Digitized by Google

# Literatur.

Siegmund Günther, Kepler. Galilei. Bd. 22 der Sammlung: Geisteshelden. Eine Sammlung von Biographien. Herausgegeben von A. Bettelheim. Berlin 1896.

Leonhard Stahl, Galilei und das Universum. Kulturträger. Bd. 24. Berlin und Leipzig 1908.

Fr. Fuchs, Über das Leben und die Werke Galileis. Habilitationsrede 1878. Bonn, Emil Strauß.

F. Rosenberger, Isaac Newton und seine Physikalischen Prinzipien. Leipzig 1895. Joh. Ambr. Barth.

P. Harting, Christian Huygens, in zijn leven en Werken geschetst. Groningen. Gebr. Hoitsema. 1868.

J. Bosscha, Christian Huygens, Rede am 200. Gedächtnistage seines Lebensendes gehalten von J. Bosscha. Aus dem Holländischen übersetzt von Th. W. Engelmann. Leipzig 1895.

J. H. Gladstone, Michael Faraday. Glogau.

John Tyndall, Faraday und seine Entdeckungen. Eine Gedenkschrift. Autorisierte deutsche Übersetzung, herausgegeben von H. Helmholtz. Braunschweig 1870.

S. P. Thompson, Michael Faradays Leben und Wirken. Autorisierte Übersetzung von Agathe Schütte und H. Danneel. Halle a. S. 1900.

Leo Koenigsberger, Hermann von Helmholtz. 3 Bände. Braunschweig 1903.

W. von Bezold, Hermann von Helmholtz, Gedächtnisrede, gehalten in der Singakademie zu Berlin am 14. Dezember 1894. Leipzig 1895.

J. Pernet, Hermann von Helmholtz. Ein Nachruf. Zürich 1894.

Heller, Geschichte der Physik. 2 Bände. Stuttgart 1882—84.

Rosenberger, Geschichte der Physik in Grundzügen. 3 Bände in 2. Aufl. Braunschweig 1882—90.

E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch zusammengestellt von E. Mach. 6. Aufl. Leipzig 1908.

Kister, Geschichte der Physik. Sammlung Göschen. Band 293. 294.

UNIV. [illegible],

JAN 11 1912

Druck von B. G. Teubner in Dresden.

Digitized by Google

## Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

# Lehrbuch der Physik.

Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium.

Von **E. Grimsehl,**

Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg.

Mit 1091 Figuren, 2 farbigen Tafeln und Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen.

[XII u. 1052 S.] gr. 8. 1909. Geh. ℳ 15.—, geb. ℳ 16.—

„Dieses in jeder Beziehung zeitgemäße Werk des bekannten Verfassers, der durch zahlreiche praktische Apparatkonstruktionen und methodische Arbeiten geschätzt ist, vereinigt alle Eigenschaften, die es befähigen, ein unentbehrliches Lehr- und Lernmittel zu werden. Es fesselt durch die unmittelbare Verständlichkeit, durch die zahlreichen zum Teil eigenartigen vorzüglichen Abbildungen, und durch höchst angenehmen, übersichtlichen Druck; die Meisterschaft, womit überall das richtige Verhältnis zwischen Induktion und Deduktion getroffen ist, wird schwer zu überbieten sein. Daß sehr vieles in dem Buche original ist, ist angesichts des Erfolges, mit dem der Verfasser alle Gebiete der Physik durchgearbeitet und zum Teil persönlich gestaltet hat, nicht verwunderlich. Das Buch hat aber noch andere wertvolle Eigenschaften. Es enthält in richtigem Maße eingestreute geschichtliche Bemerkungen....“ **(Neue Jahrbücher für Pädagogik.)**

„Weit mehr als früher, als noch vor zwanzig Jahren, ist die Physik und die Kenntnis ihrer grundlegenden Lehren ein Allgemeingut der gebildeten Schichten unseres Volkes geworden. Dem hat sich auf die Dauer auch das humanistische Gymnasium nicht mehr entziehen können. Das vorliegende Buch will denen, die eine höhere Schule besucht haben und das Bedürfnis fühlen, ihre erworbenen Kenntnisse lebendig zu erhalten und sie zu erweitern, ein zuverlässiger Führer und Berater sein. Auch die studierende Jugend wird vorteilhaft davon Gebrauch machen können. Beide auch deshalb, weil eine große Anzahl von Abbildungen den Text begleitet und erläutert Im übrigen wird jeder Erwachsene dies umfangreiche Werk gern in seiner Bibliothek haben, da es an einem solchen Werke bisher fehlte, das ohne allzu große Gelehrsamkeit die in Betracht kommenden Kenntnisse übermittelt....“ **(Der Tag.)**

# Die Mechanik.

Eine Einführung mit einem metaphysischen Nachwort

von **L. Tesar,**

Professor an der Staatsrealschule im XX. Bezirke von Wien.

Mit 111 Fig. [XIV u. 220 S.] 1909. Geh. ℳ 3.20, in Leinw. geb. ℳ 4.—

„Das Buch ist anregend geschrieben, was bei der sonst recht trocknen Materie der Mechanik doppelt wertvoll ist. Der Verfasser trachtet stets darnach, die mechanischen Sätze so sehr wie möglich an wirklichen Vorgängen zu erläutern, und reizt dadurch den Leser, auch nach Weglegen des Buches andere alltägliche Vorgänge zu betrachten und vom Standpunkt der Mechanik aus zu beurteilen. Das Buch kann infolgedessen allen denen empfohlen werden, die, mit dem Werkzeug der elementaren Mathematik ausgerüstet, in die Tiefen der Mechanik eindringen wollen.“ **(Glückauf.)**

„Der Leser wird in dem Buche vielerlei interessante Hinweise und Beispiele finden, die in den üblichen Lehrbüchern nicht vorkommen. Beständig wird auf wirkliche, beobachtbare Erscheinungen, z. B. beim Fahrrad, der Eisenbahn usw., Bezug genommen und deshalb z. B. bei den einfachen Maschinen die Reibung mit in Rechnung gestellt. Auch die historische Entwicklung wird durchweg klar beleuchtet....“ **(Naturwissenschaftliche Wochenschrift.)**




Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

# Wissenschaft und Hypothese

Sammlung von Einzeldarstellungen
aus dem Gesamtgebiet der Wissenschaften mit besonderer Berücksichtigung ihrer Grundlagen und Methoden, ihrer Endziele und Anwendungen.

Die Sammlung will die in den verschiedenen Wissensgebieten durch rastlose Arbeit gewonnenen Erkenntnisse von umfassenden Gesichtspunkten aus im Zusammenhang miteinander betrachten. Die Wissenschaften werden in dem Bewußtsein ihres festen Besitzes in ihren Voraussetzungen dargestellt, ihr pulsierendes Leben, ihr Haben, Können und Wollen aufgedeckt. Andererseits wird in erster Linie auch auf die durch die Schranken der Sinneswahrnehmung und der Erfahrung überhaupt bedingten Hypothesen hingewiesen.

I. Band: **Wissenschaft und Hypothese.** Von H. Poincaré-Paris. Deutsch von F. und L. Lindemann-München, 2. Auflage. 1906. Geb. ℳ 4.80.

II. Band: **Der Wert der Wissenschaft.** Von H. Poincaré-Paris. Deutsch von E. und H. Weber-Straßburg. Mit einem Bildnis des Verfassers. 1906. Geb. ℳ 3.60.

III. Band: **Mythenbildung und Erkenntnis.** Eine Abhandlung über die Grundlagen der Philosophie. Von G. F. Lipps-Leipzig. 1907. Geb. ℳ 5.—.

IV. Band: **Die nichteuklidische Geometrie.** Historisch-kritische Darstellung ihrer Entwicklung. Von R. Bonola-Pavia. Deutsch von H. Liebmann-Leipzig. 1908. Geb. ℳ 5.—

V. Band: **Ebbe und Flut sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem.** Von G. H. Darwin-Cambridge. Deutsch von A. Pockels-Braunschweig. Mit einem Einführungswort von G. v. Neumayer und 43 Illustrationen. 1902. Geb. ℳ 6.80.

VI. Band: **Das Prinzip der Erhaltung der Energie.** Von M. Planck-Berlin. 2. Auflage. 1908. Geb. M. 6.—

VII. Band: **Grundlagen der Geometrie.** Von D. Hilbert-Göttingen. 3., von neuem vermehrte Auflage. 1909. Geb. ℳ 6.—

VIII. Band: **Das Wissen unserer Zeit in Mathematik und Naturwissenschaft.** Von É. Picard-Paris. Deutsch von F. und L. Lindemann-München. Geb. [Unter der Presse.]

IX. Band: **Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart.** Von P. Volkmann-Königsberg i. P. 2. Auflage. 1910. Geb. ℳ 6.—

X. Band: **Wissenschaft und Religion** in der Philosophie unserer Zeit. Von É. Boutroux-Paris. Deutsch von E. Weber-Straßburg i. E. Mit einem Einführungswort von H. Holtzmann. 1910. Geb. ℳ 6.—

XI. Band: **Probleme der Wissenschaft.** Von F. Enriques-Bologna. Deutsch von K. Grelling-Göttingen. 2 Teile.
I. Teil: **Wirklichkeit und Logik.** 1910. Geb. ℳ 4.—.
II. Teil: **Die Grundbegriffe der Wissenschaft.** [Unter der Presse.]

XII. Band: **Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften.** Von P. Natorp-Marburg. 1910. Geb. ℳ 6.60.

**Die Sammlung wird fortgesetzt.**



Digitized by Google

# Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

## Populäre Astrophysik.

Von Professor Dr. J. Scheiner. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. gr. 8. 1908. In Leinwand geb. M. 12.—

„Daß es gerade Scheiner, einer unserer besten und erfolgreichsten Astrophysiker ist, der sich entschließt, die bestehende Lücke durch ein eingehendes Lehrbuch der Astrophysik auszufüllen, ist ganz besonders zu begrüßen. Er schließt in seinem Buche zunächst alle Fragen aus, die rein astronomischer Natur sind, d. h. die sich mit den Bewegungsproblemen befassen. Astronomische Fragen, welche nur zum Teil in das Gebiet der Astrophysik schlagen, werden nur so weit behandelt, als es zum Verständnis des weiteren rein astrophysikalischen Themas notwendig ist. Dadurch war ein weiter Raum für alle einschlägigen Aufgaben gewonnen, und diese konnten dafür um so eingehender behandelt werden. Bei der Tendenz des Buches ist es selbstverständlich, daß beim Leser ein gewisser Grad rein mathematischer Bildung vorausgesetzt wird; dadurch entfallen viele ganz primitive Erörterungen, die das Buch sicher stark belastet hätten. Trotzdem aber einige mathematische Vorkenntnisse verlangt werden, merkt man dem Buche doch an, daß der Verfasser lieber mit Worten als mit Formeln erklären will. Dieses Bestreben wird sehr unterstützt durch den klaren und präzisen Stil. Und dadurch ist das Buch zum mindesten für den Laien zu einem Kompendium der Astrophysik geworden. Sehr unterstützt wird der Text durch ein passend gewähltes und vorzüglich ausgeführtes Illustrationsmaterial." (Deutsche Literaturzeitung.)

## Natur-Paradoxe.

Ein Buch für die Jugend zur Erklärung von Erscheinungen, die mit der täglichen Erfahrung im Widerspruch zu stehen scheinen. Nach Dr. W. Hampsons „Paradoxe of Nature and Science" bearbeitet von Dr. C. Schäffer. Mit 4 Tafeln und 65 Bildern. gr. 8. 1908. In Leinwand geb. M. 3.—

„Das Buch wird vor allem der Jugend Freude bereiten, die daraus ersehen kann, wie vielfältig die Naturgesetze, die die Schule lehrt, angewendet werden können; überall sind Anleitungen gegeben, wie man die Versuche selbst mit ganz wenigen Mitteln durchführen kann. Aber auch sonst wird es jedem, der es nicht verlernt hat, über das Getriebe des täglichen Lebens hinaus im aufmerksamen Beobachten der Natur Erholung und Anregung zu suchen, ein vortrefflicher Führer sein." (Die Hilfe.)

„... Ich brauche nur einige Überschriften, unter denen solche Phänomene dargestellt und analysiert werden, hierher zu setzen, um erkennen zu lassen, welch interessante Dinge der Leser des Buches erfahren wird ... Ich meine aber, niemand, der sich frohe und genußreiche Stunden zu bereiten wünscht, sollte an diesem Buche vorbeigehen; es zeigt, wie es anzufangen sei, die große Lehrmeisterin Natur zu bewegen, uns ihre Geheimnisse zu verraten. Die Übersetzung ist einwandfrei. Dem Text sind gute Bilder und instruktive schematische Zeichnungen beigegeben."

(Frankfurter Zeitung.)

## Mathematische Unterhaltungen und Spiele.

Von Dr. W. Ahrens. 2., vermehrte Auflage. In 2 Bänden. gr. 8. 1910. In Leinw. geb. I. Band. Mit 200 Figuren. *M* 7.50. II. Band. (Erscheint im Sommer 1910.) Kleine Ausgabe: **Mathematische Spiele.** Mit einem Titelbild und 69 Figuren. 8. 1907. Geh. *M.* 1.—, in Leinw. geb. *M.* 1.25.

„Der Verfasser wollte sowohl den Fachmann, den der theoretische Kern des Spieles interessiert, als den mathematisch gebildeten Laien befriedigen, dem es sich um ein anregendes Gedankenspiel handelt; und er hat den richtigen Weg gefunden, beides zu erreichen. Dem wissenschaftlichen Interesse wird er gerecht, indem er durch die sorgfältig zusammengetragene Literatur und durch Einschaltungen mathematischen Inhalts die Beziehungen zur Wissenschaft herstellt; dem Nichtmathematiker kommt er durch die trefflichen Erläuterungen entgegen, die er der Lösung der verschiedenen Spiele zuteil werden läßt, und die er, wo nur irgend nötig, durch Schemata, Figuren und dergleichen unterstützt."

(Professor Czuber in der Zeitschrift für das Realschulwesen.)


Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

# Aus Natur und Geisteswelt

**Jeder Band geheftet M. 1.–, in Leinwand gebunden M. 1.25**

Zur **Naturwissenschaft** erschienen unter anderen:

**Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre:** Prof. Dr. F. Auerbach. (Bd. 40.)

**Die Lehre von der Energie:** A. Stein. (Bd. 257.)

**Moleküle, Atome, Weltäther:** Prof. Dr. G. Mie. (Bd. 58.)

**Der Bau des Weltalls:** Prof. Dr. J. Scheiner. (Bd. 24.)

**Die Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft:** Geh. Reg.-Rat Prof. B. Weinstein. (Bd. 223.)

**Aus der Vorzeit der Erde:** Prof. Dr. Fr. Frech. 5 Bde. (Bd. 207/11.)

**Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit:** Prof. Dr. S. Oppenheim. (Bd. 110.)

**Der Mond:** Prof. Dr. J. Franz. (Bd. 90.)

**Die Planeten:** Prof. Dr. Ed. Peter. (Bd. 240.)

**Der Kalender:** Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)

**Spektroskopie:** Dr. L. Grebe. (Bd. 284.)

**Das Licht und die Farben:** Prof. Dr. L. Graetz. (Bd. 17.)

**Sichtbare und unsichtbare Strahlen:** Prof. Dr. Richard Börnstein und Prof. Dr. Willy Marckwald. (Bd. 64.)

**Die optischen Instrumente:** Dr. M. v. Rohr. (Bd. 88.)

**Das Mikroskop:** Dr. W. Scheffer. (Bd. 35.)

**Das Stereoskop:** Prof. Th. Hartwig. (Bd. 135.)

**Luft, Wasser, Licht und Wärme:** Prof. Dr. R. Blochmann. (Bd. 5.)

**Die Lehre von der Wärme:** Prof. Dr. R. Börnstein. (Bd. 172.)

**Einführung i. d. chem. Wissenschaft:** Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 264.)

**Die Tierwelt des Mikroskops (Urtiere):** Privatdozent Dr. R. Goldschmidt. (Bd. 160.)

**Die Pflanzenwelt des Mikroskops:** E. Reukauf. (Bd. 181.)

**Die Erscheinungen des Lebens:** Privatdozent Dr. H. Miehe. (Bd. 130.)

**Nähere Angaben über diese Bände siehe im Anhang**



Digitized by Google

# Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

**Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.**

## Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

### Allgemeines Bildungswesen. Erziehung u. Unterricht.

**Das deutsche Bildungswesen** in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 2. Auflage. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. W. Münch und einem Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)
Eine unparteiische Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bildungswesens nach seinen Hauptrichtlinien, zugleich ein Spiegelbild deutscher Kulturentwicklung.

**Der Leipziger Student** von 1409—1909. Von Dr. Wilhelm Bruchmüller. Mit 25 Abbildungen. (Bd. 273.)
Eine zusammenfassende Kultur- und Sittengeschichte des Leipziger Studenten.

**Geschichte des deutschen Schulwesens.** Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Bd. 85.)
Eine übersichtliche Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Schulwesens von seinen Anfängen an bis zum nationalen Humanismus der Gegenwart.

**Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart.** Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Bd. 299.)
Bietet einen anregenden Überblick über das Gesamtgebiet des gegenwärtigen deutschen Unterrichtswesens.

**Allgemeine Pädagogik.** Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)
Behandelt das mit der großen sozialen Frage unserer Zeit in so engem Zusammenhang stehende Problem der Volkserziehung in praktischer, selbständiger Weise und in sittlich-sozialem Geiste.

**Experimentelle Pädagogik** mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. Mit 2 Abbildungen. (Bd. 224.)
Behandelt Geschichte, Aufgaben, Wesen und Bedeutung der experimentellen Pädagogik und ihrer Forschungsmethode.

**Psychologie des Kindes.** Von Prof. Dr. Rob. Gaupp. 2., verbesserte Auflage. Mit 18 Abbildungen. (Bd. 213.)
Behandelt auf Grund der modernen wissenschaftlichen Forschungsmethoden und -Resultate die interessantesten und praktisch wichtigsten Kapitel der Kinderpsychologie unter Betonung der Bedeutung des psychologischen Versuchs für die Erkenntnis der Eigenart geistiger Tätigkeit wie der individuellen Verschiedenheiten im Kindesalter.

**Moderne Erziehung** in Haus und Schule. Von Johannes Tews. 2. Auflage. (Bd. 159.)
Die Erziehung als Grundproblem der modernen Kultur und kulturelle Pflicht jedes einzelnen.

**Großstadtpädagogik.** Von Johannes Tews. (Bd. 327.)
Hat die Probleme, die es für den Erzieher in Haus und Schule in der Großstadt zu lösen gilt, und die Maßnahmen, die hier getroffen werden müssen, wenn Hunderttausende von jungen Deutschen zu vollwertigen Bürgern des Reiches erzogen werden sollen, klar und fesselnd dargestellt.



Digitized by Google

**Schulkämpfe der Gegenwart.** Von Johannes Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)

Stellt die Probleme dar, um die es sich bei der Reorganisation der Volksschulen handelt, deren Stellung zu Staat und Kirche, Abhängigkeit vom Zeitgeist und Wichtigkeit für die Herausgestaltung einer volksfreundlichen Gesamtkultur scharf beleuchtet werden.

**Die höhere Mädchenschule** in Deutschland. Von Oberlehrerin Marie Martin. (Bd. 65.)

Bietet aus berufenster Feder eine Darstellung der Ziele, der historischen Entwicklung, der heutigen Gestalt und der Zukunftsaufgaben der höheren Mädchenschulen.

**Vom Hilfsschulwesen.** Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)

Gibt in kurzen Zügen eine Theorie und Praxis der Hilfsschulpädagogik nach ihrem gegenwärtigen Stand und zugleich Richtlinien für ihre künftige Entwicklung.

**Das deutsche Fortbildungsschulwesen.** Von Direktor Dr. Friedrich Schilling. (Bd. 256.)

Würdigt die gegenwärtige Ausgestaltung des gesamten (einschließlich des gewerblichen und kaufmännischen) Fortbildungsschulwesens und zeichnet Richtlinien für einen konsequenten Weiterbau.

**Die Knabenhandarbeit** in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abbildungen und 1 Titelbild. (Bd. 140.)

Gibt einen Überblick über die Geschichte des Knabenhandarbeitsunterrichts, untersucht seine Stellung im Lichte der modernen pädagogischen Strömungen sowie seinen Wert als Erziehungsmittel und erörtert sodann die Art des Betriebes in den verschiedenen Schulen und Ländern.

**Das moderne Volksbildungswesen.** Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliothekar Dr. Gottlieb Fritz. Mit 14 Abbildungen. (Bd. 266.)

Gibt einen zusammenfassenden Überblick über das für den Aufschwung des geistigen Lebens der modernen Kulturvölker so wichtige Volksbildungswesen.

**Die amerikanische Universität.** Von Ph. D. Edward Delavan Perry. Mit 22 Abbildungen. (Bd. 206.)

Schildert die Entwicklung des gelehrten Unterrichts in Nordamerika, belehrt über das dortige innere und äußere akademische Leben und bietet interessante Vergleiche zwischen deutschem und amerikanischem Hochschulwesen.

**Technische Hochschulen** in Nordamerika. Von Prof. Siegmund Müller. Mit zahlreichen Abbildungen, Karte und Lageplan. (Bd. 190.)

Schildert, von lehrreichen Abbildungen unterstützt, die Einrichtungen und den Unterrichtsbetrieb der amerikanischen technischen Hochschulen in ihrer Eigenart.

**Volksschule und Lehrerbildung** der Vereinigten Staaten in ihren hervortretenden Zügen. Von Direktor Dr. Franz Kuypers. Mit 48 Abbildungen und 1 Titelbild. (Bd. 150.)

Schildert anschaulich das amerikanische Schulwesen vom Kindergarten bis zur Hochschule, überall das Wesentliche der amerikanischen Erziehungsweise (die stete Erziehung zum Leben, das Wecken des Betätigungstriebes, das Hindrängen auf praktische Verwertung usw.) hervorhebend.

**Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit.** Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor Karl Möller. In 2 Bänden. (Bd. 188/189.)

Band I: Von Schiller bis Lange. (Bd. 188.) Band II: In Vorbereitung.

Eine feinsinnige Auslese von Aussprüchen und Aufsätzen unserer führenden Geister über eine allseitig harmonische Ausbildung von Leib und Seele.



Digitized by Google

**Schulhygiene.** Von Prof. Dr. Leo Burgerstein. 2. Auflage. Mit 33 Figuren. (Bd. 96.)
Ein alle in Betracht kommenden Fragen gleichmäßig berücksichtigendes Gesamtbild der modernen Schulhygiene.

**Jugend-Fürsorge.** Von Waisenhaus-Direktor Dr. Johannes Petersen. 2 Bände. (Bd. 161. 162.)
Band I: Die öffentliche Fürsorge für die hilfsbedürftige Jugend. (Bd. 161.)
Band II: Die öffentliche Fürsorge für die sittlich gefährdete und die gewerblich tätige Jugend. (Bd. 162.)
Behandelt das gesamte öffentliche Fürsorgewesen, dessen Vorzüge und Mängel sowie die Möglichkeit der Reform.

**Pestalozzi.** Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. Paul Natorp. Mit einem Bildnis und einem Brieffaksimile. (Bd. 250.)
Sucht durch systematische Darstellung der Prinzipien Pestalozzis und ihrer Durchführung eine von seiner zeitlichen Bedingtheit losgelöste Würdigung des Pädagogen anzubahnen.

**Herbarts Lehren und Leben.** Von Pastor O. Flügel. Mit einem Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)
Sucht durch liebevolle Darstellung von Herbarts Werden und Lehre seine durch eigenartige Terminologie und Deduktionsweise schwer verständliche Philosophie und Pädagogik weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

**Friedrich Fröbel.** Sein Leben und sein Wirken. Von Adele von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)
Lehrt die grundlegenden Gedanken der Methode Fröbels kennen und gibt einen Überblick seiner wichtigsten Schriften mit Betonung aller jener Kernaussprüche, die treuen und oft ratlosen Müttern als Wegweiser in Ausübung ihres hehrsten und heiligsten Berufes dienen können.

Hierzu siehe ferner:

Hensel, Rousseau S. 6.

# Religionswissenschaft.

**Leben und Lehre des Buddha.** Von weil. Prof. Dr. Richard Pischel. 2. Auflage von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)
Gibt eine allgemeinverständliche, wissenschaftliche Darstellung des Buddhismus in religiöser, ethischer, philosophischer und sozialer Hinsicht, seiner Geschichte und seines Verhältnisses zum Christentum.

**Germanische Mythologie.** Von Prof. Dr. Julius v. Negelein. (Bd. 95.)
Gibt ein Bild germanischen Glaubenslebens, indem es die Äußerungen religiösen Lebens, namentlich auch im Kultus und in den Gebräuchen des Aberglaubens aufsucht und sich überall bestrebt, das ihnen zugrunde liegende psychologische Motiv aufzudecken.

**Mystik im Heidentum und Christentum.** Von Dr. Edvin Lehmann. (Bd. 217.)
Verfolgt die Erscheinungen der Mystik von der niedrigsten Stufe durch die orientalischen Religionen bis zu den mystischen Phänomenen in den christlichen Kirchen aller Zeiten.

**Palästina** und seine Geschichte. Von Prof. Dr. Hermann Freiherr von Soden. 3. Auflage. Mit 2 Karten, 1 Plan von Jerusalem und 6 Ansichten des Heiligen Landes. (Bd. 6.)
Ein Bild, nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte, in deren Verlauf die Patriarchen Israels und die Kreuzfahrer, David und Christus, die alten Assyrer und die Scharen Mohammeds einander ablösten.



Digitized by Google

**Palästina** und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Nach den neuesten Ausgrabungen und Forschungen. Von Gymnasialoberlehrer Dr. Peter Thomsen. Mit 36 Abbildungen. (Bd. 260.)
Will, indem es die wichtigsten bis in das 4. Jahrtausend vor Christi zurückreichenden Ergebnisse der neuesten Ausgrabungen in Palästina zum ersten Male gemeinverständlich darstellt, zugleich ein Führer sein zu neuem und tieferem Eindringen in die geschichtlichen Grundlagen unserer Religion.

**Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte.** Von Prof. Dr. Friedrich Giesebrecht. 2. Auflage. (Bd. 52.)
Schildert, wie Israels Religion entsteht, wie sie die nationale Schale sprengt, um in den Propheten die Ansätze einer Menschheitsreligion auszubilden, und wie auch diese neue Religion sich verpuppt in die Formen eines Priesterstaats.

**Die Gleichnisse Jesu.** Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. Heinrich Weinel. 3., verbesserte Auflage. (Bd. 46.)
Die beste Antwort auf die Frage „Hat Jesus gelebt?" als Anleitung zum historisch-kritischen Verständnis seiner Gleichnisse.

**Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu.** Von Pfarrer D. Paul Mehlhorn. (Bd. 137.)
Will zeigen, was von dem im Neuen Testament uns überlieferten Leben Jesu als geschichtlich beglaubigter Tatbestand festzuhalten und was als Sage oder Dichtung zu betrachten ist.

**Jesus und seine Zeitgenossen.** Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor Carl Bonhoff. (Bd. 89.)
Sucht der ganzen Fülle und Eigenart der Persönlichkeit Jesu gerecht zu werden, indem es ihn in seinem Verkehr mit den ihn umgebenden Menschengestalten, Volks- und Parteigruppen zu verstehen sucht.

**Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung.** Von Div.-Pfarrer August Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)
Will die Frage: „Ist der ursprüngliche Text des Neuen Testamentes überhaupt noch herzustellen?" durch eine Darstellung seiner Entwicklung von der ersten schriftlichen Fixierung bis zum heutigen „berichtigten" Text beantworten.

**Der Apostel Paulus und sein Werk.** Von Prof. Dr. Eberhard Vischer. (Bd. 309.)
Zeigt durch eingehende Darstellung von Leben und Lehre die Persönlichkeit des Apostels in ihrer zeitlichen Bedingtheit und in ihrer bleibenden weltgeschichtlichen Bedeutung.

**Christentum und Weltgeschichte.** Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bände.
Band I: Die Entstehung des Christentums und seine Entwicklung als Kirche. (Bd. 297.)
Band II: Das Christentum in seiner Entwicklung über die Kirche hinaus. (Bd. 298.)
Zeigt durch eingehende Charakterisierung der schöpferischen Persönlichkeiten die Wechselbeziehungen zwischen Kulturentwicklung und Christentum auf.

**Aus der Werdezeit des Christentums.** Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. Johannes Geffcken. 2. Auflage. (Bd. 54.)
Ein Bild der vielseitigen, kultur- und religionsgeschichtlichen Bedingtheiten, unter denen die Werdezeit des Christentums steht.

**Luther** im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. Heinrich Boehmer. 2. Auflage. Mit 2 Bildnissen Luthers. (Bd. 113.)
Gibt auf kulturgeschichtlichem Hintergrunde eine unparteiische, Schwächen und Stärken gleichmäßig beleuchtende Darstellung von Luthers Leben und Wirken.

**Johann Calvin.** Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)
Sucht durch eingehende Darstellung des Lebens und Wirkens sowie der Persönlichkeit des Genfer Reformators, sowie der Wirkungen, welche von ihm ausgingen, Verständnis für seine Größe und die bende Bedeutung zu wecken.



Digitized by Google

**Die Jesuiten.** Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. Heinrich Boehmer. 2. vermehrte Auflage. (Bd 49.)
Ein Büchlein nicht für oder gegen, sondern über die Jesuiten, also der Versuch einer gerechten Würdigung des vielgenannten Ordens nach seiner bleibenden geschichtlichen Bedeutung.

**Die religiösen Strömungen der Gegenwart.** Von Superintendent D. August Heinrich Braasch. 2. Auflage. (Bd. 66.)
Will durch eine großzügige historische Übersicht über das an Richtungen und Problemen so reiche religiöse Leben der Gegenwart den innerlichsten und höchsten Lebenswerten gegenüber einen eigenen Standpunkt finden helfen.

**Die Stellung der Religion im Geistesleben.** Von Lic. Dr. Paul Kalweit. (Bd. 225.)
Will das Verhältnis der Religion zu dem übrigen Geistesleben, insbesondere zu Wissenschaft, Sittlichkeit und Kunst klarlegen, indem es die bedeutsamsten Anschauungen darüber erörtert.

**Religion und Naturwissenschaft** in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick Von Dr. August Pfannkuche. (Bd. 141.)
Will durch geschichtliche Darstellung der Beziehungen beider Gebiete eine vorurteilsfreie Beurteilung des heiß umstrittenen Problems ermöglichen.

## Philosophie und Psychologie.

**Einführung in die Philosophie.** Von Professor Dr. R. Richter. 2. Auflage. (Bd. 155.)
Bietet eine anschauliche, zugleich wissenschaftlich-gründliche Darstellung der philosophischen Hauptprobleme und der Richtungen ihrer Lösung, insbesondere des Erkenntnisproblems, und nimmt dabei, nach einer vorherigen Abgrenzung des Gebietes der Philosophie und Bestimmung ihrer Aufgabe, zu den Standpunkten des Materialismus, Spiritualismus, Theismus und Pantheismus Stellung, um zum Schlusse die Fragen der Moral- und Religionsphilosophie zu beleuchten.

**Die Philosophie.** Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor Hans Richert. (Bd. 186.)
Will die Stellung der Philosophie im Geistesleben der Gegenwart beleuchten, ihren Wert als Weltanschauung sicher stellen, ihre Grundprobleme und deren Lösungsversuche charakterisieren und in die philosophische Literatur einführen.

**Führende Denker.** Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. Jonas Cohn. Mit 6 Bildnissen. (Bd. 176.)
Will durch Geschichte in die Philosophie einführen, indem es von sechs großen Denkern, Sokrates und Platon, Descartes und Spinoza, Kant und Fichte das für die Philosophie dauernd Bedeutende herauszuarbeiten sucht aus der Überzeugung, daß aus der Kenntnis der Persönlichkeiten am besten das Verständnis für ihre Gedanken zu gewinnen ist.

**Griechische Weltanschauung.** Von Privatdoz. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)
Eine einheitlich zusammenfassende Übersicht über das Vorbildliche und allgemein Wertvolle in der Entwicklungsgeschichte der griechischen Weltanschauung.

**Die Weltanschauungen** der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. Ludwig Busse. 4. Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)
Eine sich auf die Darstellung der großen klassischen Systeme beschränkende, aber deren beherrschende und charakteristische Grundgedanken herausarbeitende und so ein klares Gesamtbild der in ihm enthaltenen Weltanschauungen entwerfende Einführung in die neuere Philosophie.

**Die Philosophie** der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 5. Auflage. (Bd. 41.)
Schildert die vier Hauptrichtungen der modernen deutschen Philosophie: den Positivismus, Materialismus, Naturalismus und Idealismus unter eingehender Würdigung der bedeutendsten Vertreter der verschiedenen Richtungen.



Digitized by Google

**Rousseau.** Von Prof. Dr. Paul Hensel. Mit 1 Bildnisse. (Bd. 180.)
Stellt Rousseau als Vorläufer des deutschen Idealismus, seine Lebensarbeit als unumgängliche Voraussetzung für Goethe, Schiller, Herder, Kant, Fichte dar.

**Immanuel Kant.** Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 2. Auflage. Mit einem Bildnisse Kants. (Bd. 146.)
Eine Einführung in das Verständnis Kants und eine Würdigung seiner Philosophie in ihrer unvergleichlichen und schier unerschöpflichen Kraft der Anregung, wie seiner Persönlichkeit in ihrer echten in sich geschlossenen Eigenart.

**Schopenhauer.** Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Sechs Vorträge von Realschuldirektor Hans Richert. 2. Auflage. Mit dem Bildnis Schopenhauers. (Bd. 81.)
Gibt, in das Werden dieses großen deutschen Philosophen und Schriftstellers mit seinen geschichtlichen Bedingungen und Nachwirkungen einführend, einen zusammenfassenden Überblick über das Ganze seines Systems.

**Herbert Spencer.** Von Dr. Karl Schwarze. Mit 1 Bildnisse. (Bd. 245.)
Gibt eine klar gefaßte Darstellung des Lebens und des auf dem Entwicklungsgedanken aufgebauten Systems Herbert Spencers nach seinen verschiedenen Seiten, nämlich philosophische Grundlegung, Biologie, Psychologie, Soziologie und Ethik.

**Das Weltproblem** von positivistischem Standpunkte aus. Von Prof. Dr. Josef Petzoldt. (Bd. 133.)
Sucht die Geschichte des Nachdenkens über die Welt als eine sinnvolle Geschichte von Irrtümern psychologisch verständlich zu machen im Dienste der von Schuppe, Mach und Avenarius vertretenen Anschauung, daß es keine Welt an sich, sondern nur eine Welt für uns gibt.

**Aufgaben und Ziele des Menschenlebens.** Von Dr. J. Unold. 3. Auflage. (Bd. 12.)
Stellt sich in den Dienst einer nationalen Erziehung, indem es zuversichtlich und besonnen eine von konfessionellen Schranken unabhängige, wissenschaftlich haltbare Lebensanschauung und Lebensordnung begründet und entwickelt.

**Sittliche Lebensanschauungen** der Gegenwart. Von Prof. Dr. Otto Kirn. (Bd. 177.)
Übt verständnisvolle Kritik an den Lebensanschauungen des Naturalismus, des Utilitarismus, des Evolutionismus, an der ästhetischen Lebensauffassung, um dann für das überlegene Recht des sittlichen Idealismus einzutreten, indem es dessen folgerichtige Durchführung in der christlichen Weltanschauung aufweist.

**Die Mechanik des Geisteslebens.** Von Prof. Dr. Max Verworn. 2. Auflage. Mit 18 Figuren. (Bd. 200.)
Schildert vom monistischen Standpunkt aus die modernen Anschauungen über die physiologischen Grundlagen der Gehirnvorgänge.

**Die Seele des Menschen.** Von Prof. Dr. Joh. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)
Gibt allgemeinverständlich eine eingehende wissenschaftliche Antwort auf die Grundfrage: „Was ist die Seele?"

**Hypnotismus und Suggestion.** Von Dr. Ernst Trömner. (Bd. 199.)
Bietet eine rein sachliche Darstellung der Lehre von Hypnotismus und Suggestion und zeigt deren Einfluß auf die wichtigsten Kulturgebiete.

## Hierzu siehe ferner:

Hamann, Die Ästhetik S. 8. Lehmann, Mystik in Heidentum und Christentum S. 3. Pischel, Leben und Lehre des Buddha S. 3. Flügel, Herbarts Lehre und Leben S. 3. Pfannkuche, Naturwissenschaft und Religion in Kampf und Frieden S. 5. Voldehr, Bau und Leben der bildenden Kunst S. 8. Muckle, Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert S. 15.



Digitized by Google

# Literatur und Sprache.

**Die Sprachstämme** des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. Franz Nikolaus Finck. (Bd. 267.)
Gibt einen auf den Resultaten moderner Sprachforschung aufgebauten, umfassenden Überblick über die Sprachstämme des Erdkreises, ihre Verzweigungen in Einzelsprachen sowie über deren gegenseitige Zusammenhänge.

**Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues.** Von weil. Prof. Dr. Franz Nikolaus Finck. (Bd. 268.)
Will durch Erklärung je eines charakteristischen Textes aus acht Hauptsprachtypen einen unmittelbaren Einblick in die Gesetze der menschlichen Sprachbildung geben.

**Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache.** Von Prof. Dr. Wilhelm Uhl. Mit vielen Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 84.)
Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der sprachlich-wissenschaftlich lautphysiologischen wie der philologisch-germanistischen Forschung, die Ursprung und Organ, Bau und Bildung, andererseits die Hauptperioden der Entwicklung unserer Muttersprache zur Darstellung bringt.

**Rhetorik.** Richtlinien für die Kunst des Sprechens. Von Dr. Ewald Geißler. (Bd. 310.)
Eine zeitgemäße Rhetorik für den Berufsredner wie für jeden nach sprachlicher Ausdrucksfähigkeit Strebenden.

**Die deutschen Personennamen.** Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)
Gibt einen vollständigen historischen Überblick über das gesamte Gebiet der deutschen Vor- und Familiennamen und erklärt ihre Entstehung und Bedeutung nach ihren verschiedenen Gattungen.

**Das deutsche Volkslied.** Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 4. Auflage. (Bd. 7.)
Handelt in schwungvoller Darstellung vom Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges, unterrichtet über die deutsche Volksliederpflege in der Gegenwart, über Wesen und Ursprung des deutschen Volksgesanges, Stop und Spielmann, Geschichte und Mär, Leben und Liebe.

**Die deutsche Volkssage.** Übersichtlich dargestellt. Von Dr. Otto Böckel. (Bd. 262.)
Bietet zum erstenmal eine vollständige Übersicht über die reichen Schätze der deutschen Volkssage, als des tiefverschütteten Grundes deutscher Anschauungs- und Denkweise.

**Das Theater.** Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Christian Gaehde. Mit 20 Abbild. (Bd. 230.)
Eine Geschichte des Theaters vom griechischen Altertum durch Mittelalter und Renaissance bis auf die Schauspielkunst der Gegenwart, deren verschiedene Strömungen in ihren historischen und psychologischen Bedingungen dargestellt werden.

**Das Drama.** Band I. Von der Antike zum französischen Klassizismus. Von Dr. Bruno Busse. Mit 3 Abbildungen. (Bd. 287.)
Verfolgt die Entwicklung des Dramas von den primitiven Anfängen über Altertum, Mittelalter und Renaissance bis zum französischen Klassizismus.

**Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius.** Von Dr. Heinrich Spiero. (Bd. 254.)
Schildert unter liebevoller Würdigung der größten und feinsten Meister des Liedes an der Hand wohlgewählter Proben die Entwicklungsgeschichte der deutschen Lyrik.

**Schiller.** Von Prof. Dr. Theobald Ziegler. Mit dem Bildnis Schillers von Kügelgen in Heliogravüre. 2. Auflage. (Bd. 74.)
Will durch eingehende Analyse der Einzelwerke in das Verständnis von Schillers Leben und Gedankenwelt einführen.


Digitized by Google

**Das deutsche Drama** des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. Georg Witkowski. 3. Auflage. Mit einem Bildnis Hebbels. (Bd. 51.)

Sucht in erster Linie auf historischem Wege das Verständnis des Dramas der Gegenwart anzubahnen und berücksichtigt die drei Faktoren, deren jeweilige Beschaffenheit die Gestaltung des Dramas bedingt: Kunstanschauung, Schauspielkunst und Publikum.

**Deutsche Romantik.** Von Prof. Dr. Oskar F. Walzel. (Bd. 232.)

Gibt auf Grund der modernen Forschungen ein knappes, lebendiges Bild jener Epoche, deren Wichtigkeit für unser Bewußtsein ständig wächst, und die an Reichtum der Gefühle, Gedanken und Erlebnisse von keiner anderen übertroffen wird.

**Friedrich Hebbel.** Von Dr. Anna Schapire-Neurath. Mit einem Bildnisse Hebbels. (Bd. 238.)

Gibt eine eindringende Analyse des Werkes und der Weltanschauung des großen deutschen Tragikers.

**Gerhart Hauptmann.** Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit einem Bildnisse Gerhart Hauptmanns. (Bd. 283.)

Sucht durch eindringende Analyse des Einzelwerkes in die Gedankenwelt Gerhart Hauptmanns einzuführen.

**Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson** und ihre Zeitgenossen. Von Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildnissen. (Bd. 193.)

Sucht Entwicklung und Schaffen Ibsens und Björnsons sowie der bedeutendsten jungen norwegischen Dichter auf Grund der Veranlagung und Entwicklung des norwegischen Volkes verständlich zu machen und im Zusammenhang mit den kulturellen Strömungen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts darzustellen.

**Shakespeare** und seine Zeit. Von Prof. Dr. Ernst Sieper. Mit 3 Tafeln und 3 Textbildern. (Bd. 185.)

Schildert Shakespeare und seine Zeit, seine Vorgänger und eigenartige Bühne, seine Persönlichkeit und seine Entwicklung als Mensch und Künstler und erörtert die vielumstrittene Shakespeare-Bacon-Frage.

Hierzu siehe ferner:
**Gerber,** Die menschliche Stimme S. 20. **Das Buchgewerbe und die Kultur** S. 12.

## Bildende Kunst und Musik.

**Bau und Leben der bildenden Kunst.** Von Direktor Dr. Theodor Volbehr. Mit 44 Abbildungen. (Bd. 68.)

Führt von einem neuen Standpunkte aus in das Verständnis des Wesens der bildenden Kunst ein, erörtert die Grundlagen der menschlichen Gestaltungskraft und zeigt, wie das künstlerische Interesse sich allmählich weitere und immer weitere Stoffgebiete erobert.

**Die Ästhetik.** Von Dr. Richard Hamann. (Bd. 345.)

**Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst.** Von Dr. Ernst Cohn-Wiener. 2 Bände. (Bd. 317/318.)

Band I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abbildungen. (Bd. 317.)
Band II: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 31 Abbildungen. (Bd. 318.)

Die erste Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Stile von der ältesten ägyptischen Kunst bis zum modernen Impressionismus unter modernen kulturpsychologischen Gesichtspunkten.

**Die Blütezeit der griechischen Kunst** im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Tafeln und 32 Abbildungen. (Bd. 272.)

Gibt an der Hand der Entwicklung des griechischen Sarkophags eine Entwicklungsgeschichte der gesamten griechischen Plastik in ihrem Zusammenhang mit Kultur und Religion.



Digitized by Google

**Deutsche Baukunst** im Mittelalter. Von Prof. Dr. Adelbert Matthaei. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 8.)

Will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters über das Wesen der Baukunst aufklären, indem es zeigt, wie sich im Verlauf der Entwicklung die Raumvorstellung klärt und vertieft, wie das technische Können wächst und die praktischen Aufgaben sich erweitern.

**Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts.** Von Prof. Dr. Adelbert Matthaei. Mit 62 Abbildungen und 3 Tafeln. (Bd. 326.)

Eine Einführung in das Verständnis der Architekturentwicklung in Deutschland von der Gotik bis zum Barock.

**Die deutsche Illustration.** Von Prof. Dr. Rudolf Kautzsch. Mit 35 Abbildungen. (Bd. 44.)

Behandelt ein besonders wichtiges und lehrreiches Gebiet der Kunst und leistet zugleich, indem es an der Hand der Geschichte das Charakteristische der Illustration als Kunst zu erforschen sucht, ein gut Teil „Kunsterziehung".

**Deutsche Kunst** im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. Berthold Haendcke. Mit 63 Abbildungen. (Bd. 198.)

Zeigt an der Hand zahlreicher Abbildungen, wie die angewandte Kunst im Laufe der Jahrhunderte das deutsche Heim in Burg, Schloß und Haus behaglich gemacht und geschmückt hat, wie die Gebrauchs- und Luxusgegenstände des täglichen Lebens entstanden sind und sich gewandelt haben.

**Albrecht Dürer.** Von Dr. Rudolf Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)

Eine schlichte und knappe Erzählung des gewaltigen menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Albrecht Dürers, verbunden mit einer eingehenden Analyse seiner vorzüglichsten Werke.

**Rembrandt.** Von Prof. Dr. Paul Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)

Eine durch zahlreiche Abbildungen unterstützte lebensvolle Darstellung des menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Rembrandts.

**Ostasiatische Kunst** und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. Richard Graul. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 87.)

Bringt unter Mitteilung eines reichen Bildermaterials die mehr als einmal für die Entwicklung der Kunst bedeutsame Einwirkung der japanischen und chinesischen Kunst auf die europäische zur Darstellung.

**Kunstpflege in Haus und Heimat.** Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 77.)

Zeigt, daß gesunde Kunstpflege zu wahrem Menschentum gehört, und wie es jedermann in seinen Verhältnissen möglich ist, sie zu verwirklichen.

**Geschichte der Gartenkunst.** Von Reg.-Baumeister Chr. Ranck. Mit 41 Abbildungen. (Bd. 274.)

Eine Geschichte des Gartens als Kunstwerk, vom Altertum bis zu den modernen Bestrebungen.

**Die Grundlagen der Tonkunst.** Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. Heinrich Rietsch. (Bd. 178.)

Ein anschauliches Entwicklungsbild der musikalischen Erscheinungen, des Stoffes der Tonkunst, wie seiner Bearbeitung und der Musik als Tonsprache.

**Einführung in das Wesen der Musik.** Von Prof. Carl R. Hennig. (Bd. 119.)

Untersucht das Wesen des Tones als eines Kunstmaterials, prüft die Natur der musikalischen Darstellungsmittel und erörtert die Objekte der Darstellung, indem sie klarlegt, welche Ideen im musikalischen Kunstwerke gemäß der Natur des Tonmaterials und der Darstellungsmittel zur Darstellung gebracht werden können.



Digitized by Google

**Klavier, Orgel, Harmonium.** Das Wesen der Tasteninstrumente. Von Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)
Will an Hand einer Darstellung ihrer Entwicklung das Verständnis vom Bau, Wesen und musikalischer Wirkung der drei Tasteninstrumente Klavier, Orgel, Harmonium vermitteln.

**Geschichte der Musik.** Von Dr. Friedrich Spiro. (Bd. 143.)
Gibt in großen Zügen eine übersichtliche, äußerst lebendig gehaltene Darstellung von der Entwicklung der Musik vom Altertum bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der führenden Persönlichkeiten und der großen Strömungen.

**Haydn, Mozart, Beethoven.** Von Prof. Dr. Carl Krebs. Mit vier Bildnissen auf Tafeln. (Bd. 92.)
Eine Darstellung des Entwicklungsganges und der Bedeutung eines jeden der drei großen Komponisten für die Musikgeschichte. Sie gibt mit wenigen, aber scharfen Strichen ein Bild der menschlichen Persönlichkeit und des künstlerischen Wesens der drei Heroen mit Hervorhebung dessen, was ein jeder aus seiner Zeit geschöpft und was er aus Eignem hinzugebracht hat.

**Die Blütezeit der musikalischen Romantik** in Deutschland. Von Dr. Edgar Istel. Mit einer Silhouette von E. T. A. Hoffmann. (Bd. 239.)
Gibt eine erstmalige Gesamtdarstellung der Epoche Schuberts und Schumanns, der an Persönlichkeiten, Schöpfungen und Anregungen reichsten der deutschen Musikgeschichte.

**Das Kunstwerk Richard Wagners.** Von Dr. Edgar Istel. Mit 1 Bildnis R. Wagners. (Bd. 330.)
Führt durch eingehende Schilderung des Entwicklungsganges Richard Wagners zu einem wirklichen Verständnis seiner Werke.

**Das moderne Orchester** in seiner Entwicklung. Von Prof. Dr. Fritz Volbach. Mit Partiturbeispielen und 2 Instrumententabellen. (Bd. 308.)
Gibt zum ersten Male einen Überblick über die Entwicklungsgeschichte der Orchestrierung vom Altertum bis auf Richard Strauß.

## Geschichte und Kulturgeschichte.

**Die Anfänge der menschlichen Kultur.** Von Prof. Dr. Ludwig Stein. (Bd. 93.)
Behandelt als Einführung in die Kulturprobleme der Gegenwart den vorgeschichtlichen Menschen, die Anfänge der Arbeitsteilung, die Anfänge der Rassenbildung sowie der wirtschaftlichen, intellektuellen, moralischen und sozialen Kultur.

**Kulturbilder aus griechischen Städten.** Von Oberlehrer Dr. Erich Ziebarth. Mit 22 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel. (Bd. 131.)
Sucht auf Grund der Ausgrabungen und der inschriftlichen Denkmäler ein anschauliches Bild von dem Aussehen einer altgriechischen Stadt und von dem städtischen Leben in ihr zu entwerfen.

**Pompeji,** eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Friedrich v. Duhn. 2. Auflage. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 114.)
Schildert auf Grund der neuesten Ausgrabungs- und Forschungsergebnisse Pompeji als Beispiel für die Entwicklung der nach Italien übertragenen griechischen Kultur und Kunst zur Weltkultur und Weltkunst.

**Soziale Kämpfe im alten Rom.** Von Privatdozent Dr. Leo Bloch. 2. Auflage. (Bd. 22.)
Behandelt die Sozialgeschichte Roms, soweit sie mit Rücksicht auf die die Gegenwart bewegenden Fragen von allgemeinem Interesse ist.

**Byzantinische Charakterköpfe.** Von Privatdozent Dr. Karl Dieterich. Mit 2 Bildnissen. (Bd. 244.)
Bietet durch Charakterisierung markanter Persönlichkeiten einen Einblick in das wirkliche Wesen des gemeinhin so wenig bekannten und doch so wichtigen mittelalterlichen Byzanz.



Digitized by Google

## Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

**Germanische Kultur in der Urzeit.** Von Prof. Dr. Georg Steinhausen. 2. Auflage. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 75.)

Beruht auf eingehender Quellenforschung und gibt in fesselnder Darstellung einen Überblick über germanisches Leben von der Urzeit bis zur Berührung der Germanen mit der römischen Kultur.

**Mittelalterliche Kulturideale.** Von Prof. Dr. V. Vedel. 2 Bände.

Band I: Heldenleben. (Bd. 292.)
Band II: Ritterromantik. (Bd. 293.)

Zeichnet auf Grund besonders der griechischen, germanischen, persischen und nordischen Heldendichtung ein Bild des heroischen Kriegerideals, um so Verständnis für die bleibende Bedeutung dieses Ideals für die Ausbildung der Kultur der Menschheit zu wecken.

**Deutsches Frauenleben** im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. Eduard Otto. 2. Auflage. Mit 27 Abbildungen. (Bd. 45.)

Gibt ein Bild des deutschen Frauenlebens von der Urzeit bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, von Denken und Fühlen, Stellung und Wirksamkeit der deutschen Frau, wie sie sich im Wandel der Jahrhunderte darstellt.

**Deutsche Städte und Bürger** im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen und 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)

Stellt die geschichtliche Entwicklung dar, schildert die wirtschaftlichen, sozialen und staatsrechtlichen Verhältnisse und gibt ein zusammenfassendes Bild von der äußeren Erscheinung und dem inneren Leben der deutschen Städte.

**Historische Städtebilder** aus Holland und Niederdeutschland. Von Regierungs-Baumeister a. D. Albert Erbe. Mit 59 Abbildungen. (Bd. 117.)

Will dem Sinn für die Reize der alten malerischen Städtebilder durch eine Schilderung der eigenartige Herrlichkeit Alt-Hollands wie Niederdeutschlands, ferner Danzigs, Lübecks, Bremens und Hamburgs nicht nur vom rein künstlerischen, sondern auch vom kulturgeschichtlichen Standpunkt aus entgegen kommen.

**Das deutsche Dorf.** Von Robert Mielke. Mit 51 Abbild. (Bd. 192.)

Schildert die Entwicklung des deutschen Dorfes von den Anfängen dörflicher Siedelungen an bis in die Neuzeit, in der uns ein fast wunderbares Mosaik ländlicher Siedelungstypen entgegentritt.

**Das deutsche Haus** und sein Hausrat. Von Prof. Dr. Rudolf Meringer. Mit 106 Abbildungen. (Bd. 116.)

Will das Interesse an dem deutschen Hause, wie es geworden ist, fördern, indem es das „Herdhaus", das oberdeutsche Haus, die Einrichtung der für dieses charakteristischen Stube, den Ofen, den Tisch, das Eßgerät schildert und einen Überblick über die Herkunft von Haus und Hausrat gibt.

**Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses.** Von Regierungsbaumeister a. D. Christian Rauck. Mit 70 Abbildungen. (Bd. 121.)

Gibt eine Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses von der germanischen Urzeit über Skandinavien und Mittelalter bis zur Gegenwart.

**Geschichte des deutschen Bauernstandes.** Von Prof. Dr. Heinrich Gerdes. Mit 21 Abbildungen. (Bd. 320.)

Gibt eine Darstellung der schicksalsreichen Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernstandes von der germanischen Urzeit bis zur Gegenwart.

**Das deutsche Handwerk** in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Direktor Dr. Eduard Otto. 3. Auflage. Mit 27 Abbildungen. (Bd. 14.)

Eine Darstellung der Entwicklung des deutschen Handwerks bis in die neueste Zeit und der Handwerkerbewegungen des 19. Jahrhunderts wie des älteren Handwerkslebens, seiner Sitten, Bräuche und Dichtung.

**Deutsche Volksfeste und Volkssitten.** Von Hermann S. Rehm. Mit 11 Abbildungen. (Bd. 214.)

Will durch die Schilderung der wichtigsten deutschen Volksfeste und Bräuche Teilnahme und Verständnis für sie als Äußerungen des Seelenlebens unseres Volkes neu erwecken und beleben.


Digitized by Google

**Deutsche Volkstrachten.** Von Pfarrer Carl Spieß. (Bd. 342.)

**Die Münze** als historisches Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Prof. Dr. Arnold Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abbildungen. (Bd. 91.)

Zeigt, wie Münzen zur Aufhellung der wirtschaftlichen Zustände und der Rechtseinrichtungen früherer Zeiten dienen; lehrt die verschiedenen Arten von Münzen, ihre äußeren und inneren Merkmale sowie ihre Herstellung in historischer Entwicklung dar und gibt im Anschluß daran Münzensammlern beherzigenswerte Winke.

**Das Buchgewerbe und die Kultur.** Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abbildung. (Bd. 182.)

Inhalt: Buchgewerbe und Wissenschaft: Prof. Dr. Rudolf Focke. — Buchgewerbe und Literatur: Prof. Dr. Georg Witkowski. — Buchgewerbe und Kunst: Prof. Dr. Rudolf Kautzsch. — Buchgewerbe und Religion: Privatdozent Lic. Dr. Heinrich Hermelink. — Buchgewerbe und Staat: Prof. Dr. Robert Wuttke. — Buchgewerbe und Volkswirtschaft: Prof. Dr. Heinrich Waentig.

Will für das mit sämtlichen Gebieten deutscher Kultur durch tausend Fäden verknüpfte Buchgewerbe verständnisvolle Freunde, tatkräftige Berufsgenossen werben.

**Schrift- und Buchwesen** in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 3., verbesserte Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 4.)

Ein Überblick über die Entwicklung des Schrift-, Brief- und Zeitungswesens, des Buchhandels und der Bibliotheken von den Zeiten der Babylonier bis auf die modernsten technischen Errungenschriften.

**Das Zeitungswesen.** Von Dr. Hermann Diez. (Bd. 328.)

Will durch Aufweisung der historischen und sozialen Grundlagen des heutigen Pressewesens zu einem Verständnis dieses mächtigen modernen Kulturfaktors führen.

**Das Zeitalter der Entdeckungen.** Von Prof. Dr. Siegmund Günther. 2. Auflage. Mit einer Weltkarte. (Bd. 26.)

Schildert die großen weltbewegenden Ereignisse der geographischen Renaissancezeit von der Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft und den Fahrten des Kolumbus an bis zu dem Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahrer.

**Von Luther zu Bismarck.** 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. Ottocar Weber. 2 Bände. (Bd. 123. 124.)

Ein knappes und doch eindrucksvolles Bild der nationalen und kulturellen Entwicklung der Neuzeit, das aus den vier Jahrhunderten je drei Persönlichkeiten herausgreift, die bestimmend eingegriffen haben in den Werdegang deutscher Geschichte.

**Friedrich der Große.** Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Theodor Bitterauf. Mit 2 Bildnissen. (Bd. 246.)

Schildert in knapper, wohldurchdachter, durch charakteristische Selbstzeugnisse und authentische Äußerungen bedeutender Zeitgenossen belebter Darstellung des großen Königs Leben und Wirken, das den Grund gelegt hat für die ganze spätere geschichtliche und kulturelle Entwicklung Deutschlands.

**Geschichte der Französischen Revolution.** Von Prof. Dr. Theodor Bitterauf. (Bd. 346.)

**Napoleon I.** Von Prof. Dr. Theodor Bitterauf. 2. Auflage. Mit einem Bildnis Napoleons. (Bd. 195.)

Will zum Verständnis für das System Napoleons führen und zeigen, wie die napoleonischen Kriege nur unter dem Gesichtswinkel der imperialistischen Politik zu verstehen sind.

**Politische Hauptströmungen in Europa** im 19. Jahrhundert. Von Prof. Dr. Karl Theodor v. Heigel. 2. Auflage. (Bd. 129.)

Bietet eine knappe Darstellung der wichtigsten politischen Ereignisse im 19. Jahrhundert, womit eine Schilderung der politischen Ideen Hand in Hand geht, und wobei der innere Zusammenhang der einzelnen Vorgänge dargelegt, auch Sinnesart und Taten wenigstens der einflußreichsten Persönlichkeiten gewürdigt werden.



Digitized by Google

**Restauration und Revolution.** Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

**Die Reaktion und die neue Ära.** Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. (Bd. 101.)

**Vom Bund zum Reich.** Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. (Bd. 102.)

Die 3 Bände geben zusammen eine in Auffassung und Darstellung durchaus eigenartige Geschichte des deutschen Volkes im 19. Jahrhundert. „Restauration und Revolution" behandelt das Leben und Streben des deutschen Volkes von dem ersten Aufleuchten des Gedankens des nationalen Staates bis zu dem tragischen Fehlschlagen aller Hoffnungen in der Mitte des Jahrhunderts. „Die Reaktion und die neue Ära", beginnend mit der Zeit der Ermattung nach dem großen Aufschwung von 1848, stellt in den Mittelpunkt des Prinzen von Preußen und Otto von Bismarcks Schaffen. „Vom Bund zum Reich" zeigt uns Bismarck mit sicherer Hand die Grundlage des Reiches vorbereitend und dann immer entschiedener allem Geschehenen das Gepräge seines Geistes verleihend.

**1848.** Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Ottocar Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Sucht in kritischer, abwägender Darstellung den einzelnen Ständen und Parteien, den rechts und links auftretenden Extremen gerecht zu werden und hebt besonders den großartigen deutschnationalen Aufschwung jenes Jahres hervor.

**Österreichs innere Geschichte** von 1848 bis 1907. Von Richard Charmatz. 2 Bände. (Bd. 242. 243.)

Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242.)
Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

Gibt zum ersten Male in lebendiger und klarer Sprache eine Gesamtdarstellung der Entstehung des modernen Österreichs, seiner interessanten, durch das Zusammenwirken der verschiedensten Faktoren bedingten innerpolitischen Entwicklung seit 1848.

**Englands Weltmacht** in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrh. bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. Wilh. Langenbeck. Mit 19 Bildnissen. (Bd. 174.)

Eine großzügige und fesselnde Darstellung der für uns so bedeutsamen Entwicklung des britischen Weltreichs, seiner inneren und äußeren Ausgestaltung als einer der gewaltigsten Erscheinungen der Weltgeschichte.

**Geschichte der Vereinigten Staaten** von Amerika. Von Prof. Dr. Ernst Daenell. (Bd. 147.)

Gibt eine übersichtliche Darstellung der geschichtlichen, kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Entwicklung der Vereinigten Staaten mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen politischen, ethnographischen, sozialen und wirtschaftlichen Probleme der Gegenwart.

**Die Amerikaner.** Von Nicholas Murray Butler. Deutsche, durch Auszüge aus den Werken von A. Hamilton, A. Lincoln und R. W. Emerson vermehrte Ausgabe besorgt von Prof. Dr. W. Paszkowski. (Bd. 319.)

Entwirft in scharfen Linien ein Gesamtbild der heutigen amerikanischen Kultur und ihres historischen Entwicklungsganges.

**Vom Kriegswesen** im 19. Jahrhundert. Zwanglose Skizzen von Major Otto von Sothen. Mit 9 Übersichtskarten. (Bd. 59.)

In einzelnen Abschnitten wird insbesondere die Napoleonische und Moltkesche Kriegführung an Beispielen (Jena-Königgrätz-Sedan) dargestellt und durch Kartenskizzen erläutert. Damit verbunden sind kurze Schilderungen der preußischen Armee von 1806 und nach den Befreiungskriegen sowie nach der Reorganisation von 1860, endlich des deutschen Heeres von 1870 bis zur Gegenwart.

**Der Krieg** im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Alfred Meyer, Hauptmann im Kgl. Sächs. Inf.-Reg. Nr. 133 in Zwickau. Mit 3 Abbildungen im Text und zwei Tafeln. (Bd. 271.)

Stellt die ungeheuren Umwälzungen dar, welche die Entwicklung des modernen Verkehrswesens und der modernen Technik auf das Kriegswesen ausgeübt hat, wie sie bei einem europäischen Krieg der Zukunft in die Erscheinung treten würden.



Digitized by Google

**Der Seekrieg.** Eine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von Kurt Freiherr von Maltzahn, Vize-Admiral a. D. (Bd. 99.)

Bringt den Seekrieg als Kriegsmittel wie als Mittel der Politik zur Darstellung, indem es zunächst die Entwicklung der Kriegsflotte und der Seekriegsmittel schildert und dann die heutigen Weltwirtschaftsstaaten und den Seekrieg behandelt.

**Die moderne Friedensbewegung.** Von Alfred H. Fried. (Bd. 157.)

Entwickelt das Wesen und die Ziele der Friedensbewegung, gibt eine Darstellung der Schiedsgerichtsbarkeit in ihrer Entwicklung und ihrem gegenwärtigen Umfang sowie des Abrüstungsproblemes und gibt zum Schluß einen eingehenden Überblick über die Geschichte der Friedensbewegung und eine chronologische Darstellung der für sie bedeutsamen Ereignisse.

**Die moderne Frauenbewegung.** Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. Käthe Schirmacher. 2. Auflage. (Bd. 67.)

Unterrichtet eingehend und zuverlässig über die moderne Frauenbewegung aller Länder auf den Gebieten der Bildung, Arbeit, Sittlichkeit, Soziologie und Politik.

Hierzu siehe ferner:

H. v. Soden, Palästina und seine Geschichte. S. 3. Thomsen, Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. S. 4. Neurath, Antike Wirtschaftsgeschichte. S. 16. Geffcken, Aus der Werdezeit des Christentums. S. 4. Sell, Christentum und Weltgeschichte. S. 4. Weise, Die deutschen Volksstämme und Landschaften. S. 18. Matthaei, Deutsche Baukunst im Mittelalter. S. 9. Bähnisch, Die deutschen Personennamen. S. 7. Böckel, Die deutsche Volkssage. S. 7. Bruinier, Das deutsche Volkslied. S. 7. Paulsen, Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. S. 1. Knabe, Geschichte des deutschen Schulwesens. S. 1. Knabe, Das deutsche Unterrichtswesen. S. 1. Tews, Großstadtpädagogik. S. 1. Bruchmüller, Der Leipziger Student von 1409—1909. S. 1. Boehmer, Luther im Lichte der neueren Forschung. S. 4. Sodeur, Johann Calvin. S. 4. Boehmer, Die Jesuiten. S. 5. Muckle, Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. S. 15. Pohle, Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert. S. 16. Laughlin, Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. S. 16. Schmidt, Geschichte des Welthandels. S. 16. Fried, Internationales Leben der Gegenwart. S. 17. Wislicenus, Der Kalender. S. 26. Ranck, Geschichte der Gartenkunst. S. 9.

## Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

**Deutsches Fürstentum** und deutsches Verfassungswesen. Von Prof. Dr. Eduard Hubrich. (Bd. 80.)

Zeigt den Weg, auf dem deutsches Fürstentum und deutsche Volksfreiheit zu dem in der Gegenwart geltenden wechselseitigen Ausgleich gelangt sind, unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte der preußischen Verfassung.

**Grundzüge der Verfassung** des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. Edgar Loening. 3. Auflage. (Bd. 34.)

Eine durch geschichtliche Rückblicke und Vergleiche das Verständnis des geltenden Rechtes fördernde Einführung in das Verfassungsrecht des Deutschen Reiches, soweit seine Kenntnis für jeden Deutschen erforderlich ist.

**Moderne Rechtsprobleme.** Von Prof. Dr. Josef Kohler. (Bd. 128.)

Behandelt nach einem einleitenden Abschnitte über Rechtsphilosophie die wichtigsten und interessantesten Probleme der modernen Rechtspflege, insbesondere die des Strafrechts, des Strafprozesses, des Genossenschaftsrechts, des Zivilprozesses und des Völkerrechtes.

**Die Psychologie des Verbrechers.** Von Dr. Paul Pollitz, Strafanstaltsdirektor. Mit 5 Diagrammen. (Bd. 248.)

Gibt eine umfassende Übersicht und psychologische Analyse des Verbrechens als Produkt sozialer und wirtschaftlicher Verhältnisse, defekter geistiger Anlage wie persönlicher, verbrecherischer Tendenz.



Digitized by Google

**Strafe und Verbrechen.** Von Dr. Paul Pollitz, Strafanstaltsdirektor. (Bd. 323.)
Gibt an der Hand der Geschichte seiner Entwicklung eine allgemeine Übersicht über das gesamte Gebiet des Strafvollzugs und der Verbrechensbekämpfung, unter besonderer Berücksichtigung der gegenwärtig aktuellen Reformprobleme.

**Verbrechen und Aberglaube.** Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsreferendar Dr. Albert Hellwig. (Bd. 212.)
Bietet eine Reihe interessanter Bilder aus dem Gebiete des kriminellen Aberglaubens, wie z. B. von modernen Hexenprozessen, Dampyrglauben, Sympathiekuren, verborgenen Schätzen, Meineidszeremonien usw.

**Das deutsche Zivilprozeßrecht.** Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. Ein Leitfaden für Laien, Studierende und Juristen. (Bd. 315.)
Die erste zusammenfassende Orientierung auf Grund der neuen Zivilprozeßreform.

**Ehe und Eherecht.** Von Prof. Dr. Ludwig Wahrmund. (Bd. 115.)
Schildert die historische Entwicklung des Ehebegriffes nach seiner natürlichen, sittlichen und rechtlichen Seite, untersucht das Verhältnis von Staat und Kirche auf dem Gebiete des Eherechtes und behandelt darüber hinaus auch alle jene Fragen über die rechtliche Stellung der Frau und besonders der Mutter, die immer lebhafter die öffentliche Meinung beschäftigen.

**Der gewerbliche Rechtsschutz** in Deutschland. Von Patentanwalt Bernhard Tolksdorf. (Bd. 138.)
Behandelt die geschichtliche Entwicklung des gewerblichen Rechtsschutzes und führt in Sinn und Wesen des Patent-, Muster- und Warenzeichenrechts ein.

**Die Miete** nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanwalt Dr. Max Strauß. (Bd. 194.)
Will durch eine objektive, gemeinverständliche Darstellung des Mietrechts die beiden Gruppen Mieter und Vermieter über ihr gegenseitiges Verhältnis aufklären und gleichzeitig durch Berücksichtigung der einschlägigen Literatur und Entscheidungen dem praktischen Juristen als Handbuch dienen.

**Das Wahlrecht.** Von Regierungsrat Dr. Oskar Poensgen. (Bd. 249.)
Bietet eine Würdigung der verschiedenen Wahlrechtssysteme und Bestimmungen sowie eine Übersicht über die heutzutage in den einzelnen Staaten geltenden Wahlrechte.

**Die Jurisprudenz im häuslichen Leben.** Für Familie und Haushalt dargestellt. Von Rechtsanwalt Paul Bienengräber. 2 Bände. (Bd. 219. 220.)
Band I: Die Familie. (Bd. 219.) Band II: Der Haushalt. (Bd. 220.)
Behandelt in anregender, durch zahlreiche, dem täglichen Leben entnommene Beispiele belebter Darstellung alle in der Familie und dem Haushalt vorkommenden Rechtsfragen und Rechtsfälle.

**Finanzwissenschaft.** Von Professor Dr. S. P. Altmann. (Bd. 306.)
Ein Überblick über das Gesamtgebiet der Finanzwissenschaft, der jedem die Möglichkeit einer objektiv-wissenschaftlichen Beurteilung der Reichsfinanzreform bietet.

**Soziale Bewegungen** und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von Gustav Maier. 4. Auflage. (Bd. 2.)
Schildert die sozialen Bewegungen und Theorien in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den altorientalischen und antiken Kulturvölkern an durch das Mittelalter bis zur Entstehung des modernen Sozialismus.

**Geschichte der sozialistischen Ideen** im 19. Jahrhundert. Von Privatdozent Dr. Friedrich Muckle. 2 Bände. (Bd. 269. 270.)
Band I: Der rationale Sozialismus. (Bd. 269.)
Band II: Proudhon und der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd. 270.)
Gibt eine seine philosophischen Grundlagen aufzeigende Darstellung der Entwicklung des sozialen Ideals im 19. Jahrhundert mit liebevoller Charakterisierung der Einzelpersönlichkeiten von Owen, Fourier, Weitling über Proudhon, Saint-Simon, Rodbertus bis zu Karl Marx und Lassalle.



Digitized by Google

**Geschichte des Welthandels.** Von Oberlehrer Dr. M. G. Schmidt. (Bd. 118.)
Behandelt die Entwicklung des Handels vom Altertum an über das Mittelalter, in dem Konstantinopel, seit den Kreuzzügen Italien und Deutschland den Weltverkehr beherrschen, zur Neuzeit, die mit der Entdeckung Amerikas beginnt, und bis zur Gegenwart, in der auch der deutsche Kaufmann den ganzen Erdball erobert.

**Geschichte d. deutschen Handels.** Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)
Schildert die Entwicklung von primitivsten prähistorischen Anfängen bis zur heutigen Weltmachtstellung des deutschen Handels mit ihren Bedingungen und gibt ein übersichtliches Bild dieses weitverzweigten Organismus.

**Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft.** Von Prof. Dr. Paul Arndt. (Bd. 179.)
Stellt unsere wirtschaftlichen Beziehungen zum Auslande sowie die Ursachen der gegenwärtigen hervorragenden Stellung Deutschlands in der Weltwirtschaft dar, erörtert die Vorteile und Gefahren dieser Stellung eingehend und behandelt endlich die vielen wirtschaftlichen und politischen Aufgaben, die sich aus Deutschlands internationaler Stellung ergeben.

**Deutsches Wirtschaftsleben.** Auf geographischer Grundlage geschildert von weil. Prof. Dr. Christian Gruber. 2. Auflage. Neubearbeitet von Dr. Hans Reinlein. (Bd. 42.)
Will Verständnis für den sieghaften Aufschwung unseres wirtschaftlichen Lebens seit der Wiederaufrichtung des Reichs herbeiführen und darlegen, inwieweit sich Produktion und Verkehrsbewegung auf die natürlichen Gelegenheiten, die geographischen Vorzüge unseres Vaterlandes stützen können und in ihnen sicher verankert liegen.

**Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens** im letzten Jahrhundert. Von Prof. Dr. Ludwig Pohle. 2. Auflage. (Bd. 57.)
Eine objektive, ruhig abwägende Darstellung der gewaltigen Umwälzung, die das deutsche Wirtschaftsleben im Laufe des einen Jahrhunderts erfahren hat.

**Das Hotelwesen.** Von Paul Damm-Etienne. Mit 30 Abbild. (Bd. 331.)
Ein Überblick über Entwicklung und Bedeutung, Organisation und Betrieb, soziale und rechtliche Stellung des Hotelwesens.

**Die deutsche Landwirtschaft.** Von Dr. Walter Claaßen. Mit 15 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 215.)
Behandelt die natürlichen Grundlagen der Bodenbereitung, die Technik und Betriebsorganisation des Bodenbaues und der Viehhaltung, die volkswirtschaftliche Bedeutung des Landbaues sowie die agrarpolitischen Fragen, ferner die Bedeutung des Menschen als Produktionsfaktor in der Landwirtschaft und andererseits die Rolle, die das Landvolk im Lebensprozesse der Nation spielt.

**Innere Kolonisation.** Von A. Brenning. (Bd. 261.)
Gibt in knappen Zügen ein vollständiges Bild von dem Stande der inneren Kolonisation in Deutschland als einer der volkswirtschaftlich, wie sozial und national wichtigsten Aufgaben der Gegenwart.

**Antike Wirtschaftsgeschichte.** Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)
Gibt auf Grund der modernen Forschungen einen gemeinverständlichen Überblick über die Wirtschaftsgeschichte der Antike unter stetem Vergleich mit modernen Verhältnissen.

**Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben.** Von Prof. J. Laurence Laughlin. Mit 9 graphischen Darstellungen. (Bd. 127.)
Ein Amerikaner behandelt für deutsche Leser die wirtschaftlichen Fragen, die augenblicklich im Vordergrunde des öffentlichen Lebens in Amerika stehen.

**Die Japaner** und ihre wirtschaftliche Entwicklung. Von Prof. Dr. Karl Rathgen. (Bd. 72.)
Schildert auf Grund langjähriger eigener Erfahrungen Land und Leute, Staat und Wirtschaftsleben sowie die Stellung Japans im Weltverkehr und ermöglicht so ein wirkliches Verständnis für die staunenswerte innere Neugestaltung des Landes in den letzten Jahrzehnten.



Digitized by Google

**Die Gartenstadtbewegung.** Von Generalsekr. Hans Kampffmeyer. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 259.)
Orientiert zum ersten Male umfassend über Ursprung und Geschichte, Wege und Ziele, Bedeutung und Erfolge der Gartenstadtbewegung.

**Das internationale Leben der Gegenwart.** Von Alfred H. Fried. Mit einer lithographischen Tafel. (Bd. 226.)
Ein „Baedeker für das internationale Land", der durch eine Zusammenstellung der internationalen Vereinbarungen und Einrichtungen nach ihrem Umfang und ihrer Wirksamkeit zu zeigen sucht, wie weit der internationale Zusammenschluß der Kulturwelt auf nationaler Grundlage bereits gediehen ist.

**Bevölkerungslehre.** Von Prof. Dr. Max Haushofer. (Bd. 50.)
Will in gedrängter Form das Wesentliche der Bevölkerungslehre geben über Ermittlung der Volkszahl, über Gliederung und Bewegung der Bevölkerung, Verhältnis der Bevölkerung zum bewohnten Boden und die Ziele der Bevölkerungspolitik.

**Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung.** Von Prof. Dr. Otto v. Zwiedineck-Südenhorst. (Bd. 78.)
Bietet eine gedrängte Darstellung des gemeiniglich unter dem Titel „Arbeiterfrage" behandelten Stoffes unter besonderer Berücksichtigung der Fragen der Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Begrenzung der einzelnen Schutzmaßnahmen und Versicherungseinrichtungen.

**Die Konsumgenossenschaft.** Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)
Stellt die Konsumgenossenschaft nach ihrer Bedeutung und ihren Grundlagen, ihrer geschichtlichen Entwicklung und heutigen Organisation und in ihren Kämpfen und Zukunftsaussichten dar.

**Die Frauenarbeit.** Ein Problem des Kapitalismus. Von Privatdozent Dr. Robert Wilbrandt. (Bd. 106.)
Behandelt von dem Verhältnis von Beruf und Mutterschaft aus, als dem zentralen Problem der ganzen Frage, die Ursachen der niedrigen Bezahlung der weiblichen Arbeit, die daraus entstehenden Schwierigkeiten in der Konkurrenz der Frauen mit den Männern, den Gegensatz von Arbeiterinnenschutz und Befreiung der weiblichen Arbeit.

**Grundzüge d. Versicherungswesens.** Von Prof. Dr. A. Manes. (Bd. 105.)
Behandelt die Stellung der Versicherung im Wirtschaftsleben, ihre Entwicklung und Organisation, den Geschäftsgang eines Versicherungsbetriebs, die Versicherungspolitik, das Versicherungsvertragsrecht und die Versicherungswissenschaft, ebenso die einzelnen Zweige der Versicherung, wie Lebensversicherung, Unfallversicherung usw.

**Verkehrsentwicklung** in Deutschland. 1800—1900 (fortgeführt bis zur Gegenwart). Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. Walter Lotz. 3. Auflage. (Bd. 15.)
Gibt nach einer kurzen Übersicht über die Hauptfortschritte in den Verkehrsmitteln eine Geschichte des Eisenbahnwesens, schildert den heutigen Stand der Eisenbahnverfassung, das Güter- und das Personentarifwesen, die Reformversuche und die Reformfrage, ferner die Bedeutung der Binnenwasserstraßen und endlich die Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

**Das Postwesen,** seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. (Bd. 165.)
Eine umfassende Darstellung des gesamten Postwesens unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung sowie der Bedürfnisse der Praxis.

**Die Telegraphie** in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. Mit 4 Figuren. (Bd. 183.)
Gibt auf der Grundlage eingehender praktischer Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse einen Einblick in das für die heutige Kultur so bedeutungsvolle Gebiet der Telegraphie und seine großartigen Fortschritte.



Digitized by Google

**Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung.** Von Telegrapheninspektor Helmut Brick. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 235.)
Schildert unter klarer Veranschaulichung der zugrundeliegenden Prinzipien den Entwicklungsgang der Telegraphen- und Fernsprechtechnik von Flammenzeichen und Rufposten bis zum modernen Mehrfach- und Maschinentelegraphen und von Philipp Reis' und Graham Bells Erfindung bis zur Einrichtung unserer großen Fernsprechämter.

**Deutsche Schiffahrt** und Schiffahrtspolitik der Gegenwart. Von Prof. Dr. Karl Thieß. (Bd. 169.)
Gibt in übersichtlicher Darstellung der großen für ihre Entwicklung und ihr Gedeihen in Betracht kommenden volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte eine Nationalökonomik der deutschen Schiffahrt.

Hierzu siehe ferner:

**Bloch,** Soziale Kämpfe im alten Rom. S. 10. **Gerdes,** Geschichte des deutschen Bauernstandes. S. 11. **Barth,** Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. S. 18. **Butler,** Die Amerikaner. Deutsch von Dr. Paszkowski. S. 13.

# Erdkunde.

**Mensch und Erde.** Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. Alfred Kirchhoff. 3. Auflage. (Bd. 31.)
Zeigt, wie die Ländernatur auf den Menschen und seine Kultur einwirkt, durch Schilderungen allgemeiner und besonderer Art, der Steppen- und Wüstenvölker, der Entstehung von Nationen, wie Deutschland und China u. a. m.

**Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch.** Von Professor Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 302.)
Behandelt auf Grund der neuesten Forschungen die vielumstrittenen Probleme der Eiszeit mit besonderer Berücksichtigung des Auftretens des Menschen und der Anfänge der menschlichen Kultur.

**Die Städte.** Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. Kurt Hassert. Mit 21 Abbildungen. (Bd. 163.)
Erörtert die Ursachen des Entstehens, Wachsens und Vergehens der Städte, sowie ihre wirtschaftsgeographische Bedeutung und schildert das Städtebild als geographische Erscheinung.

**Wirtschaftl. Erdkunde.** Von weil. Prof. Dr. Christian Gruber. (Bd. 122.)
Will die ursprünglichen Zusammenhänge zwischen der natürlichen Ausstattung der einzelnen Länder und der wirtschaftlichen Kraftäußerung ihrer Bewohner klarmachen und Verständnis für die wahre Machtstellung der einzelnen Völker und Staaten erwecken.

**Die deutschen Volksstämme** und Landschaften. Von Prof. Dr. Oskar Weise. 3. Aufl. Mit 29 Abbildungen im Text und auf 15 Tafeln. (Bd. 16.)
Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme, die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Landschaft, den Einfluß auf das Temperament und die geistige Anlage der Menschen, die Leistungen hervorragender Männer, Sitten und Gebräuche, Sagen und Märchen u. a. m.

**Die deutschen Kolonien.** (Land und Leute.) Von Dr. Adolf Heilborn. 2. Auflage. Mit 26 Abbildungen und 2 Karten. (Bd 98.)
Gibt eine durch Abbildungen und Karten unterstützte objektive und allseitige Darstellung der geographischen und ethnographischen Grundlagen, wie der wirtschaftlichen Entwicklung unserer deutschen Kolonien.

**Unsere Schutzgebiete** nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)
Unsere kolonisatorischen Errungenschaften materieller und ideeller Art, wie auch die weitere Entwicklungsfähigkeit unserer Schutzgebiete werden geographisch und statistisch begründet.

**Die Alpen.** Von Hermann Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)
Gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine umfassende Schilderung des Reiches der Alpen in landschaftlicher, erdgeschichtlicher, sowie klimatischer, biologischer, wirtschaftlicher und verkehrstechnischer Hinsicht.



Digitized by Google

**Die Polarforschung.** Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. Kurt Hassert. 2. Auflage. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)
Faßt in gedrängtem Überblick die Fortschritte und wichtigsten Ergebnisse der Nord- und Südpolarforschung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart zusammen.

**Der Orient.** Eine Länderkunde. Von Ewald Banse. (Bd. 277. 278. 279.)
Band I. Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abbildungen, 10 Kartenskizzen, 3 Diagrammen und 1 Tafel. (Bd. 277.)
Band II. Der arabische Orient. Mit 29 Abbildungen und 7 Diagrammen. (Bd. 278.)
Band III. Der asiatische Orient. Mit 34 Abbild., 3 Kartenskizzen und 2 Diagrammen. (Bd. 279.)
Der erste Band gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine lebendige Schilderung von Land, Leuten und wirtschaftlichen Verhältnissen in Marokko, Algier und Tunis, der zweite eine solche von Ägypten, Arabien, Syrien und Mesopotamien, der dritte von Kleinasien, Armenien und Iran.

## Anthropologie. Heilwissenschaft u. Gesundheitslehre.

**Der Mensch der Urzeit.** Vier Vorlesungen aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts. Von Dr. Adolf Heilborn. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 62.)
Gibt auf Grund der neuesten Funde und an der Hand zahlreicher Abbildungen eine Übersicht über unsere Kenntnis der Entwicklung des Menschengeschlechts von seiner Abzweigung aus der Reihe der tierischen Vorfahren bis zur Schwelle der historischen Zeit.

**Die moderne Heilwissenschaft.** Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. Edmund Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)
Will in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens einführen, indem die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen Diagnose und Therapie, sowie die Grenzen der modernen Diagnostik behandelt werden.

**Der Arzt.** Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. Moritz Fürst. (Bd. 265.)
Gibt einen vollständigen Überblick über das Wesen des ärztlichen Berufes in seinen verschiedenen Betätigungen und veranschaulicht die heutige soziale Bedeutung unseres Ärztestandes.

**Der Aberglaube in der Medizin** und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)
Behandelt alle menschlichen Verhältnisse, die in irgendeiner Beziehung zu Leben und Gesundheit stehen, besonders mit Rücksicht auf viele schädliche Arten des Aberglaubens, die geeignet sind, Krankheiten zu fördern, die Gesundheit herabzusetzen und auch in moralischer Beziehung zu schädigen.

**Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers.** Von Privatdozent Dr. Heinrich Sachs. 3., verb. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 32.)
Will den menschlichen Körper in der Organisation des Zusammenwirkens aller seiner Teile unter den Gesetzen des allgemeinen Naturgeschehens begreifen lehren.

**Die Anatomie des Menschen.** Von Prof. Dr. Karl v. Bardeleben. In 5 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.)
I. Teil: Allgemeine Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abbildungen. (Bd. 201.)
II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abbildungen. (Bd. 202.)
III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abbildungen. (Bd. 203.)
IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.)
V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. Mit Abbildungen. (Bd. 263.)
In dieser Reihe von 5 Bänden wird die menschliche Anatomie in knappem, für gebildete Laien leicht verständlichem Texte dargestellt, wobei eine große Anzahl sorgfältig ausgewählter Abbildungen die Anschaulichkeit erhöht. Der erste Band enthält u. a. einiges aus der Geschichte der Anatomie von Homer bis zur Neuzeit, ferner die Zellen- und Gewebelehre, die Entwicklungsgeschichte, sowie Formen, Maß und Gewicht des Körpers. Im zweiten Band werden dann Skelett, Knochen und die Gelenke nebst einer Mechanik der letzteren, im dritten die bewegenden Organe des Körpers, die Muskeln, das Herz und die Gefäße, im vierten die Eingeweidelehre, namentlich der Darmtraktus, sowie die Harn- und Geschlechtsorgane, und im


Digitized by Google

fünften werden die verschiedenen Ruhelagen des Körpers, Liegen, Stehen, Sitzen usw., sodann die verschiedenen Arten der Ortsbewegung, Gehen, Laufen, Tanzen, Schwimmen, Reiten usw., endlich die wichtigsten Bewegungen innerhalb des Körpers, die der Wirbelsäule, des Herzens und des Brustkorbes bei der Atmung zur Darstellung gebracht.

**Moderne Chirurgie.** Von Prof. Dr. Feßler. Mit Abbild. (Bd. 339.)

**Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre.** Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

Unterrichtet über die äußeren Lebensbedingungen des Menschen, über das Verhältnis von Luft, Licht und Wärme zum menschlichen Körper, über Kleidung und Wohnung, Bodenverhältnisse und Wasserversorgung, die Krankheiten erzeugenden Pilze und die Infektionskrankheiten, kurz über die wichtigsten Fragen der Hygiene.

**Herz, Blutgefäße und Blut** und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. Heinrich Rosin Mit 18 Abbildungen. (Bd. 312.)

Eine allgemeinverständliche Darstellung von Bau und Funktion des Herzens und der Blutgefäße, sowie den verschiedenen Formen ihrer Erkrankungen.

**Das menschliche Gebiß,** seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fritz Jäger. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 229.)

Schildert Entwicklung und Aufbau, sowie die Erkrankungen der Zähne, die Wechselbeziehungen zwischen Zahnzerstörnis und Gesamtorganismus und die zur Schaffung und Erhaltung eines gesunden Gebisses dienlichen Maßnahmen.

**Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung.** Von Dr. Max David. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 321.)

Gibt eine eingehende Schilderung der im Kindesalter eintretenden Verbildungen, ihrer Entstehungsursachen, Heilungsmethoden und vor allem der Mittel und Wege, den Kindern gerade und gesunde Gliedmaßen zu erhalten.

**Vom Nervensystem,** seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande. Von Prof. Dr. Richard Zander. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Bd. 48.)

Gewährt einen Einblick in das Wesen des Nervensystems und seiner Krankheiten, deren Vermeidung und Beseitigung.

**Die fünf Sinne** des Menschen. Von Prof. Dr. Josef Klemens Kreibig. 2. Auflage. Mit 30 Abbildungen. (Bd. 27.)

Eine Darstellung der einzelnen Sinnesgebiete, der Organe und ihrer Funktionsweise, der als Reiz wirkenden äußeren Ursachen, sowie der Empfindungen nach Inhalt, Stärke und Merkmalen.

**Das Auge** des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Privatdozent Dr. med. Georg Abelsdorff. Mit 15 Abbildungen. (Bd. 149.)

Schildert die Anatomie des menschlichen Auges, sowie die Leistungen des Gesichtssinnes und behandelt die Hygiene des Auges, seine Erkrankungen und Verletzungen, Kurzsichtigkeit, Vererbung usw.

**Die menschliche Stimme** und ihre Hygiene. Von Prof. Dr. Paul H. Gerber. Mit 20 Abbildungen. (Bd. 136.)

Nach den notwendigsten Erörterungen über das Zustandekommen und über die Natur der Töne werden der Kehlkopf des Menschen und seine Funktion als musikalisches Instrument behandelt; dann werden die Gesang- und die Sprechstimme, ihre Ausbildung, ihre Fehler und Erkrankungen, sowie deren Verhütung und Behandlung erörtert.

**Die Geschlechtskrankheiten,** ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 4 Abbildungen und 1 Tafel. (Bd. 251.)

Gibt in sachlicher, aber rückhaltlos offener Darlegung ein Bild von dem Wesen der Geschlechtskrankheiten und von ihren Erregern, erörtert ausführlich ihre Bekämpfung und Verhütung, mit besonderer Rücksicht auf das gefährliche Treiben der Prostitution und der Kurpfuscher, die persönlichen Schutzmaßregeln, sowie die Aussichten auf erfolgreiche Behandlung.


Digitized by Google

**Die Tuberkulose,** ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)

Schildert nach einem Überblick über die Verbreitung der Tuberkulose das Wesen derselben, beschäftigt sich eingehend mit dem Tuberkelbazillus, bespricht die Maßnahmen, durch die man ihn von sich fernhalten kann, und erörtert die Fragen der Heilung der Tuberkulose.

**Die krankheiterregenden Bakterien.** Von Privatdozent Dr. Max Loehlein. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 307.)

Gibt eine Darstellung der wichtigsten Errungenschaften der modernen Bakteriologie und eine Übersicht über die häufigen Infektionskrankheiten nach dem Stande der neueren Forschungen.

**Geisteskrankheiten.** Von Anstaltsoberarzt Dr. Georg Ilberg. (Bd. 151.)

Erörtert an eingehend dargestellten Beispielen die wichtigsten Formen geistiger Erkrankung, um so die richtige Beurteilung der Zeichen geistiger Erkrankung und damit eine rechtzeitige verständnisvolle Behandlung derselben zu ermöglichen.

**Krankenpflege.** Von Chefarzt Dr. Bruno Leick. (Bd. 152.)

Erörtert nach einem Überblick über Bau und Funktion der inneren Organe und deren hauptsächlichsten Erkrankungen die hierbei zu ergreifenden Maßnahmen, wobei besonders eingehend die Pflege bei Infektionskrankheiten, sowie bei plötzlichen Unglücksfällen und Erkrankungen behandelt werden.

**Gesundheitslehre für Frauen.** Von weil. Privatdozent Dr. Roland Sticher. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 171.)

Unterrichtet über den Bau des weiblichen Organismus und seine Pflege vom Kindesalter an, vor allem aber eingehend über den Beruf der Frau als Gattin und Mutter.

**Der Säugling,** seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. Walter Kaupe. Mit 17 Abbildungen. (Bd. 154.)

Will der jungen Mutter oder Pflegerin in allen in Betracht kommenden Fragen den nötigen Rat erteilen. Außer der allgemeinen geistigen und körperlichen Pflege des Kindchens werden besonders die natürliche und künstliche Ernährung behandelt und für alle diese Fälle zugleich praktische Anleitung gegeben.

**Der Alkoholismus.** Herausgegeben vom Zentralverband zur Bekämpfung des Alkoholismus. In 3 Bänden. [Bd. 103 vergriffen.] (Bd. 103. 104. 145.)

Die drei Bändchen sind ein kleines wissenschaftliches Kompendium der Alkoholfrage, verfaßt von den besten Kennern der mit ihr zusammenhängenden sozial-hygienischen und sozial-ethischen Probleme, und enthalten eine Fülle von Material in übersichtlicher und schöner Darstellung.

**Ernährung und Volksnahrungsmittel.** Von weil. Prof. Dr. Johannes Frentzel. 2. Auflage. Neu bearbeitet von Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abbildungen und 2 Tafeln. (Bd. 19.)

Gibt einen Überblick über die gesamte Ernährungslehre. Durch Erörterung der grundlegenden Begriffe werden die Zubereitung der Nahrung und der Verdauungsapparat besprochen und endlich die Herstellung der einzelnen Nahrungsmittel, insbesondere auch der Konserven behandelt.

**Die Leibesübungen** und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. Richard Zander. 3. Auflage. Mit 19 Abbildungen. (Bd. 13.)

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht; erörtert besonders die Wechselbeziehungen zwischen körperlicher und geistiger Arbeit, die Leibesübungen der Frauen, die Bedeutung des Sportes und die Gefahren der sportlichen Übertreibungen.

Hierzu siehe ferner:

**Burgerstein,** Schulhygiene. S. 3. **Verworn,** Mechanik des Geisteslebens. S. 6. **Trömner,** Hypnotismus und Suggestion. S. 6. **Gaupp,** Psychologie des Kindes. S. 1.


Digitized by Google

# Naturwissenschaften. Mathematik.

**Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre.** Von Prof. Dr. Felix Auerbach. 3. Auflage. Mit 79 Figuren. (Bd. 40.)

Gibt eine zusammenhängende, für jeden Gebildeten verständliche Entwicklung der Begriffe, welche den Bau der modernen exakten Naturwissenschaften begründen und beherrschen.

**Die Lehre von der Energie.** Von Dr. Alfred Stein. Mit 13 Figuren. (Bd. 257.)

Vermittelt für jeden verständlich eine Vorstellung von der umfassenden Einheitlichkeit, die durch die Aufstellung des Energiegesetzes in unsere gesamte Naturauffassung gekommen ist.

**Moleküle — Atome — Weltäther.** Von Prof. Dr. Gustav Mie. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Bd. 58.)

Stellt die physikalische Atomlehre als die kurze, logische Zusammenfassung einer großen Menge physikalischer Tatsachen unter einem Begriffe dar, die ausführlich und nach Möglichkeit als einzelne Experimente geschildert werden.

**Die großen Physiker und ihre Leistungen.** Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abbildungen. (Bd. 324.)

Gibt eine allgemeinverständliche Würdigung des Wirkens und Lebens der Physiker, welche die Wissenschaft zu ihrer heutigen Höhe geführt haben, von Galilei, Huygens, Newton, Faraday, Helmholtz.

**Werdegang der modernen Physik.** Von Dr. Hans Keller. (Bd. 343.)

**Das Licht und die Farben.** Von Prof. Dr. Leo Graetz. 3. Auflage. Mit 117 Abbildungen. (Bd. 17.)

Führt, von den einfachsten optischen Erscheinungen ausgehend, zur tieferen Einsicht in die Natur des Lichtes und der Farben und behandelt, ausgehend von der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes, das Wesen der Farben, die Beugungserscheinungen und die Photographien.

**Sichtbare und unsichtbare Strahlen.** Von Prof. Dr. Richard Börnstein und Prof. Dr. W. Marckwald. 2. Auflage. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)

Schildert die verschiedenen Arten der Strahlen, darunter die Kathoden- und Röntgenstrahlen, die Hertzschen Wellen, die Strahlungen der radioaktiven Körper (Uran und Radium) nach ihrer Entstehung und Wirkungsweise, unter Darstellung der charakteristischen Vorgänge der Strahlung.

**Die optischen Instrumente.** Von Dr. Moritz von Rohr. 2. Auflage. Mit 84 Abbildungen. (Bd. 88.)

Gibt eine elementare Darstellung der optischen Instrumente nach den modernen Anschauungen, wobei das Ultramikroskop, die neuen Apparate zur Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht, die Prismen- und die Zielfernrohre, die Projektionsapparate und stereoskopischen Entfernungsmesser erläutert werden.

**Spektroskopie.** Von Dr. L. Grebe. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 284.)

Gibt eine von zahlreichen Abbildungen unterstützte Darstellung der spektroskopischen Forschung und ihrer weittragenden Ergebnisse für Wissenschaft und Technik.

**Das Mikroskop,** seine Optik, Geschichte und Anwendung. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abbildungen. (Bd. 35.)

Nach Erläuterung der optischen Konstruktion und Wirkung des Mikroskops und Darstellung der historischen Entwicklung wird eine Beschreibung der modernsten Mikroskoptypen, Hilfsapparate und Instrumente gegeben und gezeigt, wie die mikroskopische Untersuchung die Einsicht in Naturvorgänge vertieft.



Digitized by Google

**Das Stereoskop** und seine Anwendungen. Von Prof. Theodor Hartwig. Mit 40 Abbildungen und 19 Tafeln. (Bd. 135.)

Behandelt die verschiedenen Erscheinungen und Anwendungen der Stereoskopie, insbesondere die stereoskopischen Himmelsphotographien, die stereoskopische Darstellung mikroskopischer Objekte, das Stereoskop als Meßinstrument und die Bedeutung und Anwendung des Stereokomparators.

**Die Lehre von der Wärme.** Von Prof. Dr. Richard Börnstein. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 172.)

Behandelt ausführlich die Tatsachen und Gesetze der Wärmelehre, Ausdehnung erwärmter Körper und Temperaturmessung, Wärmemessung, Wärme- und Kältequellen, Wärme als Energieform, Schmelzen und Erstarren, Sieden, Verdampfen und Verflüssigen, Verhalten des Wasserdampfes in der Atmosphäre, Dampf- und andere Wärmemaschinen und schließlich die Bewegung der Wärme.

**Die Kälte,** ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. Heinrich Alt. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 311.)

Ein Überblick über die künstliche Erzeugung tiefster Temperaturen und ihre so wichtige technische Verwendung.

**Luft, Wasser, Licht und Wärme.** Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. Reinhart Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abbildungen. (Bd. 5.)

Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein und zeigt die außerordentliche Bedeutung derselben für unser Wohlergehen.

**Das Wasser.** Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)

Gibt eine zusammenfassende Darstellung unseres gesamten Wissens über das Wasser, das Lebenselement der Erde, unter besonderer Berücksichtigung des praktisch Wichtigen.

**Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe.** Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Figuren. (Bd. 187.)

Will einen Einblick in die wichtigsten theoretischen Erkenntnisse der organischen Chemie geben und das Verständnis für ihre darauf begründeten praktischen Entdeckungen und Erfindungen vermitteln.

**Die Erscheinungen des Lebens.** Von Privatdozent Dr. H. Miehe. Mit 40 Figuren. (Bd. 130.)

Sucht eine umfassende Totalansicht des organischen Lebens zu geben, indem es nach einer Erörterung der spekulativen Vorstellungen über das Leben und einer Beschreibung des Protoplasmas und der Zelle die hauptsächlichsten Äußerungen des Lebens, wie Entwicklung, Ernährung, Atmung, das Sinnesleben, die Fortpflanzung, den Tod und die Variabilität behandelt.

**Abstammungslehre und Darwinismus.** Von Prof. Dr. Richard Hesse. 3. Auflage. Mit 37 Figuren. (Bd. 39.)

Gibt einen kurzen, aber klaren Einblick in den gegenwärtigen Stand der Abstammungslehre und sucht die Frage, wie die Umwandlung der organischen Wesen vor sich gegangen ist, nach dem neuesten Stande der Forschung zu beantworten.

**Experimentelle Biologie.** Von Dr. Curt Thesing. Mit Abbild. 2 Bde.

Band I: Experimentelle Zellforschung. (Bd. 336.)
Band II: Regeneration, Selbstverstümmelung und Transplantation. (Bd. 337.)

Der bis jetzt vorliegende Band II behandelt die zu so großer Bedeutung gelangten Erscheinungen der Regeneration und Transplantation bei Tieren und Pflanzen nebst den damit in engem Zusammenhange stehenden Erscheinungen der Selbstverstümmelung und der ungeschlechtlichen Vermehrung. Ausführlich wird u. a. auf die den Regenerationsverlauf bestimmenden Faktoren eingegangen, dabei ergeben sich wichtige Folgerungen für das Vererbungsproblem und die Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Die Ergebnisse der modernen Forschung werden dabei in einer Weise geboten, wie sie in so knapper Zusammenfassung bisher nicht bestand.



Digitized by Google

**Der Befruchtungsvorgang,** sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. Ernst Teichmann. Mit 7 Abbildungen und 4 Doppeltafeln. (Bd. 70.)
Eine gemeinverständliche, streng sachliche Darstellung der bedeutsamen Ergebnisse der modernen Forschung über das Befruchtungsproblem.

**Das Werden und Vergehen der Pflanzen.** Von Prof. Dr. Paul Kisevius. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 173.)
Eine leichtfaßliche Darstellung alles dessen, was uns allgemein an der Pflanze interessiert, eine kleine „Botanik des praktischen Lebens".

**Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen.** Von Prof. Dr. Ernst Küster. Mit 38 Abbildungen. (Bd. 112.)
Gibt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der vegetativen Vermehrung und beschäftigt sich eingehend mit der Sexualität der Pflanzen, deren überraschend vielfache und mannigfaltige Äußerungen, ihre große Verbreitung im Pflanzenreich und ihre in allen Einzelheiten erkennbare Übereinstimmung mit der Sexualität der Tiere zur Darstellung gelangen.

**Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser).** Von Prof. Dr. Karl Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Figuren. (Bd. 10.)
Behandelt die Getreidepflanzen und ihren Anbau nach botanischen wie kulturgeschichtlichen Gesichtspunkten, damit zugleich in anschaulichster Form allgemeine botanische Kenntnisse vermittelnd.

**Die fleischfressenden Pflanzen.** Von Dr. Ad. Wagner. Mit Abbildungen. (Bd. 344.)

**Der deutsche Wald.** Von Prof. Dr. Hans Hausrath. Mit 15 Abbildungen und 2 Karten. (Bd. 153.)
Schildert unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung die Lebensbedingungen und den Zustand unseres deutschen Waldes, die Verwendung seiner Erzeugnisse sowie seine günstige Einwirkung auf Klima, Fruchtbarkeit, Sicherheit und Gesundheit des Landes, und erörtert zum Schlusse die Pflege des Waldes. Ein Büchlein also für jeden Waldfreund.

**Die Pilze.** Von Dr. A. Eichinger. Mit Abbildungen. (Bd. 334.)
Versucht, das Wesen der Pilze im allgemeinen zu charakterisieren. Ihre morphologischen und physiologischen Verhältnisse sind so interessant, ihre Wichtigkeit im Haushalt des Menschen und der Natur so groß, daß sie es mehr, als bisher geschehen, verdienen, von einem größeren Publikum beachtet zu werden.

**Weinbau und Weinbereitung.** Von Dr. F. Schmitthenner. (Bd. 332.)
Gibt nach dem neuesten Stande der Wissenschaft und Praxis einen Überblick über das Gesamtgebiet des Weinbaus und der Weinbereitung in historischer, biologischer, landwirtschaftlicher, chemischer und sozialer Hinsicht.

**Der Obstbau.** Von Dr. Ernst Voges. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 107.)
Will über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Obstbaues sowie seine Naturgeschichte und große volkswirtschaftliche Bedeutung unterrichten. Die Geschichte des Obstbaues, das Leben des Obstbaumes, Obstbaumpflege und Obstbaumschutz, die wissenschaftliche Obstkunde, die Ästhetik des Obstbaues gelangen zur Behandlung.

**Kolonialbotanik.** Von Privatdoz. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)
Schildert die allgemeinen Grundlagen und Methoden tropischer Landwirtschaft und behandelt im besonderen die bekanntesten Kolonialprodukte, wie Kaffee, Zucker, Reis, Baumwolle usw.

**Kaffee, Tee, Kakao** und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. Arwed Wieler. Mit 24 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 132.)
Behandelt Kaffee, Tee und Kakao, sowie Mate und Kola in bezug auf die Art und Verbreitung der Stammpflanzen, ihre Kultur und Ernte bis zur Gewinnung der fertigen Ware.

**Die Pflanzenwelt des Mikroskops.** Von Bürgerschullehrer Ernst Reukauf. Mit 100 Abbildungen. (Bd. 181.)
Eröffnet einen Einblick in den staunenswerten Formenreichtum des mikroskopischen Pflanzenlebens und lehrt den Ursachen ihrer wunderbaren Lebenserscheinungen nachforschen.



Digitized by Google

**Die Tierwelt des Mikroskops** (die Urtiere). Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 39 Abbildungen. (Bd. 160.)
Eröffnet dem Naturfreunde ein Bild reichen Lebens im Wassertropfen und sucht ihn zugleich zu eigener Beobachtung anzuleiten.

**Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt.** Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)
Stellt in großen Zügen eine Fülle wechselseitiger Beziehungen der Organismen zueinander dar. Familienleben und Staatenbildung der Tiere, wie die interessanten Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander werden geschildert.

**Der Kampf zwischen Mensch und Tier.** Von Prof. Dr. Karl Eckstein. 2. Auflage. Mit 51 Figuren. (Bd. 18.)
Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf zwischen Mensch und Tier erfährt eine eingehende Darstellung, wobei besonders die Kampfmittel beider Gegner, hier Schußwaffen, Fallen, Gifte oder auch besondere Wirtschaftsmethoden, dort spitzige Kralle, scharfer Zahn, furchtbares Gift, List und Gewandtheit geschildert werden.

**Tierkunde.** Eine Einführung in die Zoologie. Von Privatdoz. Dr. Kurt Hennings. Mit 34 Abbildungen. (Bd. 142.)
Stellt die charakteristischen Eigenschaften aller Tiere — Bewegung und Empfindung, Stoffwechsel und Fortpflanzung — dar und sucht die Tätigkeit des Tierleibes aus seinem Bau verständlich zu machen.

**Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere.** Von Prof. Dr. Wilhelm Lubosch. Mit 107 Abbildungen. (Bd. 282.)
Gibt eine auf dem Entwicklungsgedanken aufgebaute allgemeinverständliche Darstellung eines der interessantesten Gebiete der modernen Naturforschung.

**Die Stammesgeschichte unserer Haustiere.** Von Prof. Dr. Carl Keller. Mit 28 Abbildungen. (Bd. 252.)
Schildert eingehend den Verlauf der Haustierwerdung, die allmählich eingetretene Umbildung der Rassen sowie insbesondere die Stammformen und Bildungsherde der einzelnen Haustiere.

**Die Fortpflanzung der Tiere.** Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 77 Abbildungen. (Bd. 253.)
Gewährt durch anschauliche Schilderung der zu den wechselvollsten und überraschendsten biologischen Tatsachen gehörenden Formen der tierischen Fortpflanzung sowie der Brutpflege Einblick in das mit der menschlichen Sittlichkeit in so engem Zusammenhang stehende Tatsachengebiet.

**Deutsches Vogelleben.** Von Prof. Dr. Alwin Voigt. (Bd. 221.)
Will durch Schilderung des deutschen Vogellebens in der Verschiedenartigkeit der Daseinsbedingungen in den wechselnden Landschaften die Kenntnis der charakteristischen Vogelarten und namentlich auch ihrer Stimmen fördern.

**Vogelzug und Vogelschutz.** Von Dr. Wilhelm R. Eckardt. Mit 6 Abbildungen. (Bd. 218.)
Eine wissenschaftliche Erklärung der rätselhaften Tatsachen des Vogelzugs und der daraus entspringenden praktischen Forderungen des Vogelschutzes.

**Korallen** und andere **gesteinsbildende** Tiere. Von Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 231.)
Schildert die gesteinsbildenden Tiere, vor allem die für den Bau der Erdrinde so wichtigen Korallen nach Bau, Lebensweise und Vorkommen.

**Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere.** Von Prof. Dr. Otto Maas. Mit 11 Karten und Abbildungen. (Bd. 139.)
Zeigt die Tierwelt als Teil des organischen Erdganzen, die Abhängigkeit der Verbreitung des Tieres von dessen Lebensbedingungen wie von der Erdgeschichte, ferner von Nahrung, Temperatur, Licht, Luft und Vegetation, wie von dem Eingreifen des Menschen, und betrachtet an der Hand von Karten die geographische Einteilung der Tierwelt.



Digitized by Google

**Die Bakterien.** Von Prof. Dr. Ernst Gutzeit. Mit 13 Abbild. (Bd. 233.)
Setzt, gegenüber der laienhaften Identifikation von Bakterien und Krankheiten, die allgemeine Bedeutung der Kleinlebewelt für den Kreislauf des Stoffes in der Natur und dem Haushalt des Menschen auseinander.

**Die Welt der Organismen.** In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 236.)
Gibt einen allgemeinverständlichen Überblick über die Gesamtheit des Tier- und Pflanzenreiches, über den Aufbau der Organismen, ihre Lebensgeschichte, ihre Abhängigkeit von der äußeren Umgebung und die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Gliedern der belebten Natur.

**Zwiegestalt der Geschlechter** in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 148.)
Die merkwürdigen, oft erstaunlichen Verschiedenheiten in Aussehen und Bau der Tiergeschlechter werden durch zahlreiche Beispiele aus allen Gruppen auf wissenschaftlicher Grundlage dargestellt.

**Die Ameisen.** Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 61 Figuren. (Bd. 94.)
Faßt die Ergebnisse der Forschungen über das Tun und Treiben einheimischer und exotischer Ameisen, über die Vielgestaltigkeit der Formen im Ameisenstaate, über die Bautätigkeit, Brutpflege und die ganze Ökonomie der Ameisen, über ihr Zusammenleben mit anderen Tieren und mit Pflanzen, und über die Sinnestätigkeit der Ameisen zusammen.

**Das Süßwasser-Plankton.** Von Dr. Otto Zacharias. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 156.)
Gibt eine Anleitung zur Kenntnis jener mikroskopisch kleinen und für die Existenz der höheren Lebewesen und für die Naturgeschichte der Gewässer so wichtigen Tiere und Pflanzen. Die wichtigsten Formen werden vorgeführt und die merkwürdigen Lebensverhältnisse und -bedingungen dieser unsichtbaren Welt einfach und doch vielseitig erörtert.

**Meeresforschung und Meeresleben.** Von Dr. Otto Janson. 2. Aufl. Mit 41 Figuren. (Bd. 30.)
Schildert kurz und lebendig die Fortschritte der modernen Meeresuntersuchung auf geographischem, physikalisch-chemischem und biologischem Gebiete, die Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, die Tiefen des Meeres, die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers, endlich die wichtigsten Organismen des Meeres, die Pflanzen und Tiere.

**Das Aquarium.** Von Ernst Willy Schmidt. Mit Abbild. (Bd. 335.)
Gibt in zusammenhängender Darstellung die Wechselbeziehungen zwischen Tier, Pflanze und Umgebung: eine Aquarienbiologie.

**Wind und Wetter.** Von Prof. Dr. Leonhard Weber. 2. Auflage. Mit 28 Figuren und 3 Tafeln. (Bd. 55.)
Schildert die historischen Wurzeln der Meteorologie, ihre physikalischen Grundlagen und ihre Bedeutung im gesamten Gebiete des Wissens, erörtert die hauptsächlichsten Aufgaben, die dem ausübenden Meteorologen obliegen, wie die praktische Anwendung in der Wettervorhersage.

**Der Kalender.** Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)
Erklärt die für unsere Zeitrechnung bedeutsamen astronomischen Erscheinungen und schildert die historische Entwicklung des Kalenderwesens vom römischen Kalender ausgehend, den Werdegang der christlichen Kalender bis auf die neueste Zeit verfolgend, setzt ihre Einrichtungen auseinander und lehrt die Berechnung kalendarischer Angaben.

**Der Bau des Weltalls.** Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Auflage. Mit 26 Figuren. (Bd. 24.)
Gibt eine anschauliche Darstellung vom Bau des Weltalls wie der einzelnen Weltkörper und der Mittel zu ihrer Erforschung.

**Entstehung der Welt und der Erde,** nach Sage und Wissenschaft. Von Prof. D. M. B. Weinstein. (Bd. 223.)
Zeigt, wie die Frage der Entstehung der Welt und der Erde in den Sagen aller Völker und Zeiten und in den Theorien der Wissenschaft beantwortet worden ist.



Digitized by Google

**Aus der Vorzeit der Erde.** Von Prof. Dr. Fritz Frech. In 6 Bänden. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 207—211, 61.)

In 6 Bänden wird eine vollständige Darstellung der Fragen der allgemeinen Geologie und physischen Erdkunde gegeben, wobei Übersichtstabellen die Fachausdrücke und die Reihenfolge der geologischen Perioden erläutern und auf neue, vorwiegend nach Original-Photographien angefertigte Abbildungen und auf anschauliche, lebendige Schilderung besonders Wert gelegt ist.

Band I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abbildungen. (Bd. 207.)
Gibt eine Darstellung des Wesens der vulkanischen Erscheinungen unter besonderer Berücksichtigung der letzten Katastrophen und der Folgeerscheinungen des Vulkanismus.

Band II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abbildungen. (Bd. 208.)
Gibt eine ausführliche Darstellung der Entstehung der Gebirge wie der Ursachen und Erscheinungsformen der Erdbeben unter besonderer Berücksichtigung der bei den letzten Katastrophen gemachten Erfahrungen.

Band III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 51 Abbildungen. (Bd. 209.)
Behandelt als eines der interessantesten Gebiete der Geologie die Arbeit fließenden Wassers, Talbildung u. Karstphänomen, Höhlenbildung u. Schlammvulkane, Wildbäche, Quellen u. Grundwasser.

Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Textabbildungen. (Bd. 210.)
Behandelt die grundlegenden erdgeschichtlichen Vorgänge der Bodenbildung und Abtragung, der Küstenbrandung und maritimen Gesteinsbildung und schließlich die Geographie der großen Ozeane in Vergangenheit und Zukunft.

Band V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 211.)
Band VI: Gletscher und Hochgebirge. (Bd. 61.)

**Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit.** Von Prof. Dr. Samuel Oppenheim. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 110.)

Schildert den Kampf des geozentrischen und heliozentrischen Weltbildes, wie er schon im Altertum bei den Griechen entstanden ist, anderthalb Jahrtausende später zu Beginn der Neuzeit durch Kopernikus von neuem aufgenommen wurde und da erst mit einem Siege des heliozentrischen Systems schloß.

**Der Mond.** Von Prof. Dr. Julius Franz. Mit 31 Abbild. (Bd. 90.)

Gibt die Ergebnisse der neueren Mondforschung wieder, erörtert die Mondbewegung und Mondbahn, bespricht den Einfluß des Mondes auf die Erde und behandelt die Fragen der Oberflächenbedingungen des Mondes und die charakteristischen Mondgebilde, anschaulich zusammengefaßt in „Beobachtungen eines Mondbewohners", endlich die Bewohnbarkeit des Mondes.

**Die Planeten.** Von Prof. Dr. Bruno Peter. Mit 18 Figuren. (Bd. 240.)

Bietet unter steter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung unserer Erkenntnis eine eingehende Darstellung der einzelnen Körper unseres Planetensystems und ihres Wesens.

**Arithmetik und Algebra** zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Paul Crantz. In 2 Bänden. Mit Figuren. (Bd. 120. 205.)

I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 2. Auflage. Mit 9 Figuren. (Bd. 120.)

II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. Mit 21 Figuren. (Bd. 205.)

Band I unterrichtet in leicht faßlicher, für das Selbststudium geeigneter eingehender Darstellung unter Beifügung ausführlich berechneter Beispiele über die sieben Rechnungsarten, die Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten und die Gleichungen zweiten Grades mit einer Unbekannten, Band II ebenso über Gleichungen höheren Grades, arithmetische und geometrische Reihen, Zinseszins- und Rentenrechnung, komplexe Zahlen und über den binomischen Lehrsatz.

**Praktische Mathematik.** Von Dr. R. Neuendorff. Mit Abb. (Bd. 341.)

In allgemeinverständlicher Weise werden Rechenmethoden und mathematische Apparate, die im praktischen Leben mit Vorteil Verwendung finden, erläutert und zu ihrer Verwendung Anregung gegeben.

**Planimetrie zum Selbstunterricht.** Von Prof. Dr. Paul Crantz. Mit Abbildungen. (Bd. 340.)

Das Buch enthält die Planimetrie bis zur Ähnlichkeitslehre und der Berechnung des Kreises. In möglichst einfacher und verständlicher Art macht es mit den Grundlehren der Planimetrie



Digitized by Google

vertraut. Rein geometrische Aufgaben sind in größerer Zahl vorhanden, deren Lösung teils ausführlich besprochen, teils kurz angedeutet worden ist. Ein ausführlicheres Register ist dem Buche zur leichteren Orientierung beigegeben.

**Einführung in die Infinitesimalrechnung** mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. Gerhard Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)
Will, ohne große Kenntnis vorauszusetzen, in die moderne Behandlungsweise der Infinitesimalrechnung einführen, die die Grundlage der gesamten mathematischen Naturwissenschaft bildet.

**Mathematische Spiele.** Von Dr. Wilhelm Ahrens. 2. Auflage. Mit 70 Figuren. (Bd. 170.)
Eine amüsante Anregung zum Nachdenken und Kopfzerbrechen, ohne alle mathematischen Vorkenntnisse verständlich.

**Das Schachspiel** und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. Max Lange. Mit den Bildnissen E. Laskers und P. Morphys, 1 Schachbrettafel und 45 Darstellungen von Übungsspielen. (Bd. 281.)
Sucht durch eingehende, leichtverständliche Einführung in die Spielgesetze sowie durch eine größere, mit Erläuterungen versehene Auswahl interessanter Schachgänge berü.,mter Meister diesem anregendsten und geistreichsten aller Spiele neue Freunde und Anhänger zu werben.

Hierzu siehe ferner:

**Pfannkuche,** Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. S. 5.

## Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

**Am sausenden Webstuhl der Zeit.** Von Prof. Dr. Wilhelm Launhardt. 3. Auflage. Mit 16 Abbildungen. (Bd. 23.)
Ein großzügiger Überblick über die Entwicklung der Naturwissenschaften und Technik von den ersten Anfängen bis zu den höchsten Leistungen unserer Zeit.

**Bilder aus der Ingenieurtechnik.** Von Baurat Kurt Merckel. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 60.)
Zeigt in einer Schilderung der Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer, der Ingenieurtechnik der alten Aegypter unter vergleichsweiser Behandlung der modernen Irrigationsanlagen daselbst, der Schöpfungen der antiken griechischen Ingenieure, des Stä`tebaues im Altertum und der römischen Wasserleitungsbauten die hohen Leistungen der Völker des Altertums.

**Schöpfungen der Ingenieurtechnik** der Neuzeit. Von Baurat Kurt Merckel. 2. Auflage. Mit 55 Abbildungen. (Bd. 28.)
Führt eine Reihe interessanter Ingenieurbauten, die Gebirgsbahnen und die Gebirgsstraßen der Schweiz und Tirols, die großen Eisenbahnverbindungen in Asien, endlich die modernen Kanal- und Hafenbauten nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung vor.

**Der Eisenbetonbau.** Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)
Gibt eine fachmännische und dabei doch allgemein verständliche Darstellung dieses neuesten, in seiner Bedeutung für Hoch- und Tiefbau, Brücken- und Wasserbau stetig wachsenden Zweiges der Technik.

**Das Eisenhüttenwesen.** Von Geh. Bergrat Prof. Dr. Hermann Wedding. 3. Auflage. Mit 15 Figuren. (Bd. 20.)
Schildert, wie Eisen erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird, wobei besonders der Hochofenprozeß nach seinen chemischen, physikalischen und geologischen Grundlagen dargestellt und die Erzeugung der verschiedenen Eisenarten und die dabei in Betracht kommenden Prozesse erörtert werden.

**Die Metalle.** Von Prof. Dr. Karl Scheid. 2. Auflage. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)
Behandelt die für Kulturleben und Industrie wichtigen Metalle, die mutmaßliche Bildung der Erze, die Gewinnung der Metalle aus den Erzen, das Hüttenwesen mit seinen verschiedenen Systemen, die Fundorte der Metalle, ihre Eigenschaften, Verwendung und Verbreitung.



Digitized by Google

**Mechanik.** Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. von Ihering. 3 Bde. (Bd. 303/305.)
Durch Anwendung der graphischen Methode und Einfügung instruktiver Beispiele eine ausgezeichnete Darstellung der Grundlehren der Mechanik der festen Körper.
Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abbildungen. (Bd. 303.)
Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. (In Vorbereitung.) (Bd. 304.)
Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorbereitung.) (Bd. 305.)

**Maschinenelemente.** Von Prof. Richard Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)
Eine Übersicht über die Fülle der einzelnen ineinandergreifenden Teile, aus denen die Maschinen zusammengesetzt sind, und ihre Wirkungsweise.

**Hebezeuge.** Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. Richard Vater. Mit 67 Abbildungen. (Bd. 196.)
Eine für weitere Kreise bestimmte, durch zahlreiche einfache Skizzen unterstützte Abhandlung über die Hebezeuge, wobei das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper nach dem neuesten Stande der Forschungen eingehend behandelt wird.

**Dampf und Dampfmaschine.** Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 63.)
Schildert die inneren Vorgänge im Dampfkessel und namentlich im Zylinder der Dampfmaschine, um so ein richtiges Verständnis des Wesens der Dampfmaschine und der in der Dampfmaschine sich abspielenden Vorgänge zu ermöglichen.

**Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen** (Gasmaschinen). Von Prof. Richard Vater. 3. Auflage. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 21.)
Gibt eine die neuesten Fortschritte berücksichtigende Darstellung des Wesens, Betriebes und der Bauart der immer wichtiger werdenden Benzin-, Petroleum- und Spiritusmaschinen.

**Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen.** Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 48 Abbildungen. (Bd. 86.)
Will ein Urteil über die Konkurrenz der modernen Wärmekraftmaschinen nach ihren Vor- und Nachteilen ermöglichen und weiter in Bau und Wirkungsweise der Dampfturbine einführen.

**Die Wasserkraftmaschinen** und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Kais. Geh. Reg.-Rat Albrecht v. Ihering. Mit 73 Figuren. (Bd. 228.)
Führt von dem primitiven Mühlrad bis zu den großartigen Anlagen, mit denen die moderne Technik die Kraft des Wassers zu den gewaltigsten Leistungen auszunutzen versteht.

**Landwirtsch. Maschinenkunde.** Von Prof. Dr. Gust. Fischer. (Bd. 316.)
Ein Überblick über die verschiedenen Arten der landwirtschaftlichen Maschinen und ihre modernsten Vervollkommnungen.

**Die Spinnerei.** Von Direktor Prof. M. Lehmann. Mit Abb. (Bd. 338.)

**Die Eisenbahnen,** ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Prof. Dr. Friedrich Hahn. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 71.)
Nach einem Rückblick auf die frühesten Zeiten des Eisenbahnbaues führt der Verfasser die moderne Eisenbahn im allgemeinen nach ihren Hauptmerkmalen vor. Der Bau des Bahnkörpers, der Tunnel, die großen Brückenbauten sowie der Betrieb selbst werden besprochen, schließlich ein Überblick über die geographische Verbreitung der Eisenbahnen gegeben.

**Die technische Entwicklung der Eisenbahnen** der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. Ernst Biedermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)
Behandelt die wichtigsten Gebiete der modernen Eisenbahntechnik, Oberbau, Entwicklung und Umfang der Spurbahnnetze in den verschiedenen Ländern, die Geschichte des Lokomotivenwesens bis zur Ausbildung der Heißdampflokomotiven einerseits und des elektrischen Betriebes andererseits sowie der Sicherung des Betriebes durch Stellwerks- und Blockanlagen.

**Die Klein- und Straßenbahnen.** Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abbildungen. (Bd. 322.)
Will weiteren Kreisen einen Einblick in Wesen und Eigenart und soziale Wichtigkeit der Klein- und Straßenbahnen vermitteln.



Digitized by Google

**Das Automobil.** Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. Karl Blau. Mit 83 Abbild. (Bd. 166.)
Gibt einen anschaulichen Überblick über das Gesamtgebiet des modernen Automobilismus, wobei besonders das Benzinautomobil, das Elektromobil und das Dampfautomobil nach ihren Kraftquellen und sonstigen technischen Einrichtungen wie Zündung, Kühlung, Bremsen, Steuerung, Bereifung usw. besprochen werden.

**Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Dr. Rudolf Blochmann. Mit 128 Abbildungen. (Bd. 168.)
Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der elektrischen Erscheinungen, ihrer Grundgesetze und ihrer Beziehungen zum Magnetismus sowie eine Einführung in das Verständnis der zahlreichen praktischen Anwendungen der Elektrizität.

**Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung.** Von Telegrapheninspektor Helmut Brick. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 235.)
Eine erschöpfende Darstellung der geschichtlichen Entwicklung, der rechtlichen und technischen Grundlagen sowie der Organisation und der verschiedenen Betriebsformen des Telegraphie- und Fernsprechwesens der Erde.

**Drähte und Kabel,** ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor Helmuth Brick. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)
Gibt, ohne auf technische Einzelheiten einzugehen, durch Illustrationen unterstützt, nach einer elementaren Darstellung der Theorie der Leitung, einen allgemein verständlichen Überblick über die Herstellung, Beschaffenheit und Wirkungsweise aller zur Übermittlung von elektrischem Strom dienenden Leitungen.

**Die Funkentelegraphie.** Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustrationen. (Bd. 167.)
Nach eingehender Darstellung des Systems Telefunken werden die für die verschiedenen Anwendungsgebiete erforderlichen Konstruktionstypen vorgeführt, wobei nach dem neueren Stand von Wissenschaft und Technik in jüngster Zeit ausgeführte Anlagen beschrieben werden. Danach wird der Einfluß der Funkentelegraphie auf Wirtschaftsverkehr und Wirtschaftsleben sowie die Regelung der Funkentelegraphie im deutschen und internationalen Verkehr erörtert.

**Nautik.** Von Direktor Dr. Johannes Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)
Gibt eine allgem. inverständliche Übersicht über das gesamte Gebiet der Steuermannskunst, die Mittel und Methoden, mit deren Hilfe der Seemann sein Schiff sicher über See bringt.

**Die Luftschiffahrt,** ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. Raimund Nimführ. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)
Bietet eine umfassende Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen und technischen Entwicklung der Luftschiffahrt, indem es vor allem das Problem des Vogelfluges und das aerostatische und aerodynamische Prinzip des künstlichen Fluges behandelt und eine ausführliche, durch zahlreiche Abbildungen unterstützte Beschreibung der verschiedenen Konstruktionen von Luftschiffen, von der Montgolfiere bis zum Motorballon und zum modernen Aeroplan gibt.

**Die Beleuchtungsarten** der Gegenwart. Von Dr. phil. Wilhelm Brüsch. Mit 155 Abbildungen. (Bd. 108.)
Behandelt die technischen und wissenschaftlichen Bedingungen für die Herstellung einer wirtschaftlichen Lichtquelle und die Methoden für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes für den Verbraucher, die einzelnen Beleuchtungsarten sowohl hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Grundlagen als auch ihrer Technik und Herstellung.

**Heizung und Lüftung.** Von Ingenieur Johann Eugen Mayer. Mit 40 Abbildungen. (Bd. 241.)
Will über die verschiedenen Lüftungs- und Heizungsarten menschlicher Wohn- und Aufenthaltsräume orientieren und zugleich ein Bild von der modernen Lüftungs- und Heizungstechnik geben, um dadurch Interesse und Verständnis für die dabei in Betracht kommenden, in gesundheitlicher Beziehung so überaus wichtigen Gesichtspunkte zu erwecken.

**Die Uhr.** Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abbild. (Bd. 216.)
Behandelt Grundlagen und Technik der Zeitmessung, sowie eingehend, durch zahlreiche technische Zeichnungen unterstützt, den Mechanismus der Zeitmesser und der feinen Präzisionsuhren nach seiner theoretischen Grundlage wie in seinen wichtigsten Teilen.



Digitized by Google

## Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

**Wie ein Buch entsteht.** Von Prof. Arthur W. Unger. 2. Auflage. Mit 7 Tafeln und 26 Abbildungen. (Bd. 175.)

Schildert in einer durch Abbildungen und Papier- und Illustrationsproben unterstützten Darstellung Geschichte, Herstellung und Vertrieb des Buches unter eingehender Behandlung sämtlicher buchgewerblicher Techniken.

**Einführung in die chemische Wissenschaft.** Von Prof. Dr. Walter Löb. Mit 16 Figuren. (Bd. 264.)

Ermöglicht durch anschauliche Darstellung der den chemischen Vorgängen zugrunde liegenden allgemeinen Tatsachen, Begriffe und Gesetze ein gründliches Verständnis dieser und ihrer praktischen Anwendungen.

**Bilder aus der chemischen Technik.** Von Dr. Artur Müller. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 191.)

Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der Ziele und Hilfsmittel der chemischen Technik im allgemeinen, wie der wichtigsten Gebiete (z. B.: Schwefelsäure, Soda, Chlor, Salpetersäure, Teerdestillation, Farbstoffe) im besonderen.

**Der Luftstickstoff und seine Verwertung.** Von Prof. Dr. Karl Kaiser. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 313.)

Ein Überblick über Wesen, Bedeutung und Geschichte dieses wichtigsten und modernsten Problems der Agrikulturchemie bis auf die neuesten erfolgreichen Versuche zu seiner Lösung.

**Agrikulturchemie.** Von Dr. P. Krische. Mit 21 Abbild. (Bd. 314.)

Eine allgemeinverständliche Übersicht über Geschichte, Aufgaben, Methoden, Resultate und Erfolge dieses volkswirtschaftlich so wichtigen Zweiges der angewandten Chemie.

**Die Bierbrauerei.** Von Dr. A. Bau Mit 47 Abbildungen. (Bd. 333.)

Geschichte, Technik und volkswirtschaftliche Bedeutung der Bierbrauerei.

**Chemie und Technologie der Sprengstoffe.** Von Prof. Dr. Rud. Biedermann. Mit 15 Figuren. (Bd. 286.)

Gibt eine allgemeinverständliche, umfassende Schilderung des Gebietes der Sprengstoffe, ihrer Geschichte und ihrer Herstellung bis zur modernen Sprengstoffgroßindustrie, ihrer Fabrikation, Zusammensetzung und Wirkungsweise sowie ihrer Anwendung auf den verschiedenen Gebieten.

**Photochemie.** Von Prof. Dr. Gottfried Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

Erklärt in einer für jeden verständlichen Darstellung die chemischen Vorgänge und Gesetze der Einwirkung des Lichtes auf die verschiedenen Substanzen und ihre praktische Anwendung, besonders in der Photographie, bis zu dem jüngsten Verfahren der Farbenphotographie.

**Die Photographie.** Von Hans Schmidt. (Bd. 280.)

**Elektrochemie.** Von Prof. Dr. Kurt Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Eröffnet einen klaren Einblick in die wissenschaftlichen Grundlagen dieses modernsten Zweiges der Chemie, um dann seine glänzenden technischen Erfolge vor Augen zu führen.

**Die Naturwissenschaften im Haushalt.** Von Dr. Johannes Bongardt. In 2 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 125. 126.)

I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.)
II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abbildungen. (Bd. 126.)

Will an der Hand einfacher Beispiele, unterstützt durch Experimente und Abbildungen, zu naturwissenschaftlichem Verstehen einfacher physikalischer und chemischer Vorgänge im Haushalt anleiten.

**Chemie in Küche und Haus.** Von weil. Prof. Dr. Gustav Abel. 2. Aufl. von Dr. Joseph Klein. Mit einer mehrfarbigen Doppeltafel. (Bd. 76.)

Gibt eine vollständige Übersicht und Belehrung über die Natur der in Küche und Haus sich vollziehenden mannigfachen chemischen Prozesse.

### Hierzu siehe ferner:

Bruns, Die Telegraphie. S. 17. Graetz, Das Licht und die Farben. S. 22. Alt, Die Kälte. S. 23. Bavink, Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. S. 23.



Digitized by Google

VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN

# DIE KULTUR DER GEGENWART

## IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZIELE

### HERAUSGEGEBEN VON PROFESSOR PAUL HINNEBERG

In 4 Teilen. Lex.-8. Jeder Teil zerfällt in einzelne inhaltlich vollständig in sich abgeschlossene und einzeln käufliche Bände (Abteilungen).

Bisher sind erschienen:

**Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.** (I, 1.) [XV u. 671 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 16.—, in Leinwand geb. *M* 18.—

**Die orientalischen Religionen.** (I, 3, 1.) [VII u. 267 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 7.—, in Leinwand geb. *M* 9.—

**Geschichte der christlichen Religion.** Mit Einleitung: **Die israelitisch-jüdische Religion.** (I, 4. 1.) 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage. [X u. 792 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 18.—, in Leinwand geb. *M* 20.—

**Systematische christliche Religion.** (I, 4. 11.) 2., verbesserte Auflage. [VIII u. 279 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 6.60, in Leinwand geb. *M* 8.—

**Allgemeine Geschichte der Philosophie.** (I, 5.) [VIII u. 572 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 12.—, in Leinwand geb. *M* 14.—

**Systematische Philosophie.** (I, 6.) 2., durchgesehene Auflage. [X u. 435 S.] Lex.-8. 1908. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—

**Die orientalischen Literaturen.** (I, 7.) [IX u. 419 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—

**Die griechische und lateinische Literatur und Sprache.** (I, 8.) 2., verbesserte und vermehrte Auflage. [VIII u. 494 S.] Lex.-8. 1907. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—

**Die osteuropäischen Literaturen und die slawischen Sprachen.** (I, 9.) [VIII u. 396 S.] Lex.-8. 1908. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—

**Die romanischen Literaturen u. Sprachen. Mit Einschluß des Keltischen.** (I, 11, 1.) [VII u. 499 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 12.—, in Leinw. geb. *M* 14.—

**Allgemeine Verfassungs- und Verwaltungsgeschichte des Staates und der Gesellschaft.** (II, 2.) [Unter der Presse.]

**Staat und Gesellschaft des Orients.** (II, 3.) [Unter der Presse.]

**Staat und Gesellschaft der Griechen und Römer.** (II, 4, 1.) [IV u. 280 S.] Lex.-8. 1910. Geh. *M* 8.—, in Leinwand geb. *M* 10.—

**Staat und Gesellschaft der neueren Zeit (bis zur französischen Revolution).** (II, 5, 1.) [VI u. 349 S.] Lex.-8. 1908. Geh. *M* 9.—, in Leinw. geb. *M* 11.—

**Systematische Rechtswissenschaft.** (II, 8.) [X, LX u. 526 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 14.—, in Leinwand geb. *M* 16.—

**Allgemeine Volkswirtschaftslehre.** (II, 10, 1.) [VI u. 259 S.] Lex.-8. 1910. Geh. *M* 7.—, in Leinwand geb. *M* 9.—

**Probeheft und Sonder-Prospekte** über die einzelnen Abteilungen (mit Auszug aus dem Vorwort des Herausgebers, der Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes, dem Autoren-Verzeichnis und mit Probestücken aus dem Werke) werden auf Wunsch umsonst und postfrei vom Verlag versandt.



Digitized by Google

**Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin**

# HIMMEL UND ERDE

## Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift

unter ständiger Mitwirkung von

**Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Aron**, Berlin, Prof. Dr. **Donath**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Foerster**, Berlin, Prof. Dr. **Franz**, Breslau, Prof. Dr. **Heck**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Hellmann**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Neesen**, Berlin, Geh. Reg.-Rat. Prof. Dr. **Nernst**, Berlin, Prof. Dr. **Plate**, Berlin, Prof. Dr. **Ristenpart**, Santiago, Prof Dr. **Scheiner**, Potsdam, Prof. Dr. **Spies**, Posen, Prof. Dr. **Süring**, Berlin, Dr. **Thesing**, Leipzig, Geh. Bergrat Prof. Dr. **Wahnschaffe**, Berlin, Prof. Dr. **Walther**, Halle

redigiert von

**Dr. P. Schwahn**

Direktor der Urania

**XXII. Jahrgang 1910. Jährlich 12 Hefte mit Tafeln und Abbildungen**

**Preis vierteljährlich M. 3.60.**

Sich fernhaltend von einer seichten Popularität, die nur der Halbbildung dient, unterrichtet „Himmel und Erde" in wissenschaftlich einwandfreier, aber dennoch jedem Gebildeten verständlicher Weise den Leser über alle Fortschritte auf dem Gebiete der Naturwissenschaft und Technik. Seit den mehr denn zwei Dezennien ihres Bestehens erfreut sich die Zeitschrift der ständigen Mitarbeit der besten Namen aus allen Fachgebieten. Der reiche Bilderschmuck, der jedem Hefte beigegeben ist, und die gediegene Ausstattung machen das Blatt zu einem Schmuck für jede Bibliothek. Jedes Heft enthält eine Anzahl reich illustrierter größerer Aufsätze von namhaften Fachgelehrten, die entweder fundamentale Fragen der Naturwissenschaft und Technik oder biographische Würdigungen schöpferischer Geister auf dem Gebiete moderner Naturerkenntnis behandeln. An die größeren Aufsätze schließen sich Mitteilungen über wichtige Entdeckungen und Erfindungen, über naturwissenschaftliche und technische Kongresse, über die jeweiligen Himmelserscheinungen, außerdem Besprechungen der hervorragendsten neuen Werke auf naturwissenschaftlichem Gebiete sowie eine sorgfältig durchgearbeitete Bücherschau. So wird es dem Leser gewährleistet, daß er den Überblick nicht verliert und einerlei, ob er selbst forschend tätig ist oder mitten im praktischen Leben steht, Fühlung mit den Errungenschaften unseres naturwissenschaftlichen Zeitalters behält.

**Probehefte auf Verlangen umsonst u. postfrei vom Verlag**



Digitized by Google

## Was spricht in unserem Heim mehr zu uns als dessen Bildschmuck?

Und doch wie gedankenlos wird er oft gewählt! Wir wollen gar nicht von Öldrucken schlimmster Art reden! Auch die Reproduktion eines berühmten Gemäldes, oft undeutschen Empfindungsgehaltes, an der Wand verschwindend, das Beste des Kunstwerkes durch Kleinheit und Farblosigkeit vernichtend, was vermag sie uns als Wandschmuck in unserem Heim zu sagen, wenn wir nach des Tages verwirrendem Getriebe Sammlung in ihm suchen?

## Welcher Art soll vielmehr ein Bild im deutschen Hause sein?

Vor allem muß **deutsches Empfinden, deutsche Innigkeit, deutsche Heimatliebe** darin zum Ausdruck kommen. Nur so vermag es zu uns zu sprechen, nur so wird es aus unerschöpflichem Quell immer Neues zu sagen wissen.

Darum darf ein Bild vor allem auch **keine alltäglichen Plattheiten und Süßlichkeiten** bieten, deren wir als ernsthafte Menschen in kurzer Zeit überdrüssig sind. Es muß uns sodann nicht nur durch seinen Inhalt, sondern auch durch die **Kunst der Darstellung** des Geschauten immer aufs neue fesseln. Das vermag eine Reproduktion nun überhaupt kaum, das kann nur ein **Originalkunstwerk**. Das Bild endlich muß eine gewisse **Kraft der Darstellung** besitzen, es muß den Raum, in dem es hängt, durchdringen und beherrschen.

# Teubners Künstler-Steinzeichnungen

**(Original-Lithographien) bieten all das, was wir von einem guten Wandbild im deutschen Hause fordern müssen.** Sie bieten Werke großer, ursprünglicher, farbenfroher Kunst, die uns das Schöne einer Welt von Formen und Farben mit den Augen des Künstlers sehen lassen und sie in dessen unmittelbarer Sprache wiedergeben. In der Original-Lithographie führt der Künstler eigenhändig die Zeichnung auf dem Stein aus, bearbeitet die Platten, bestimmt die Wahl der Farben und überwacht den Druck. Das Bild ist also bis in alle Einzelheiten hinein das Werk des Künstlers, der unmittelbare Ausdruck seiner Persönlichkeit. Keine Reproduktion kann dem gleichkommen an **künstlerischem Wert** und **künstlerischer Wirkung**.

**Teubners Künstler-Steinzeichnungen sind Werke echter Heimatkunst,** die stark und lebendig auf uns wirken. Das deutsche Land in seiner wunderbaren Mannigfaltigkeit, seine Tier- und Pflanzenwelt, seine Landschaft und sein Volksleben, seine Werkstätten und seine Fabriken, seine Schiffe und Maschinen, seine Städte und seine Denkmäler, seine Geschichte und seine Helden, seine Märchen und seine Lieder bieten vor allem den Stoff zu den Bildern.

Sie enthalten eine große Auswahl **verschiedenartiger Motive und Farbenstimmungen in den verschiedensten Größen,** unter denen sich für jeden Raum, den vornehmsten wie das einfachste Wohnzimmer, geeignete Blätter finden. Neben ihrem hohen künstlerischen Wert besitzen sie den Vorzug der **Preiswürdigkeit.** All das macht sie zu willkommenen Geschenken zu Weihnachten, Geburtstagen und Hochzeiten und macht sie zum besten, zu

## dem künstlerischen Wandschmuck für das deutsche Haus!

Die **großen Blätter** im Format 100×70, 75×55 und 60×50 kosten M. 6.—, bzw. M. 5.— und M. 3.—. Die Blätter in dem Format 41×30 nur M. 2.50 und die **Bunten Blätter** gar nur M. 1.—. Preiswerte **Rahmen,** die auch die Anschaffung eines gerahmten Bildes ohne nennenswerte Mehrkosten gestatten, liefert die Verlagshandlung in verschiedenen Ausführungen und Holzarten für das Bildformat 100×70 in der Preislage von M. 4.50 bis M. 16.—, für das Format 75×55 von M. 4.— bis M. 12.—, für das Format 41×30 von M. 1.75 bis M. 4.50.

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06438 3816

# Urteile über B. G. Teubners farbige Künstler-Steinzeichnungen.

„.... Doch wird man auch aus dieser nur einen beschränkten Teil der vorhandenen Bilder umfassenden Aufzählung den Reichtum des Dargebotenen erkennen. Indessen es genügt nicht, daß die Bilder da sind, sie müssen auch gekauft werden. Sie müssen vor allen Dingen an die richtige Stelle gebracht werden. Für öffentliche Gebäude und Schulen sollte das nicht schwer halten. Wenn Lehrer und Geistliche wollen, werden sie die Mittel für einige solche Bilder schon überwiesen bekommen. Dann sollte man sich vor allen Dingen in privaten Kreisen solche Bilder als willkommene Geschenke zu Weihnachten, zu Geburtstagen, Hochzeitsfesten und allen derartigen Gelegenheiten merken. Eine derartige große Lithographie in den dazu vorrätigen Rahmungen ist ein **Geschenk, das auch den verwöhntesten Geschmack** befriedigt. An den kleinen Blättern erhält man für eine Ausgabe, die auch dem bescheidensten Geldbeutel erschwinglich ist, **ein dauernd wertvolles Geschenk.**“ **(Türmer-Jahrbuch.)**

. Hecker: Unter der alten Kastanie.
inkl. Geschenkrahmen (Ma

Verkleinerte farbige Wied

„Von den Bilderunternehm
Bewegung' entsprungen sind,
'künstlerischen Wandschmuck fü
herausgibt.... Wir habe
Sache mit rechtem Verst
uns — fördern wir es
„Alt und jun
Wirkungen, die h
einmal etwas
übertreten ko
„Es
zeichnun
gefund
eben
do

ar,
vor-
nd des
r Alle.)
n zu lernen,
den und totes
rte Zeitung.)

Digitized by Google

Digitized by Google